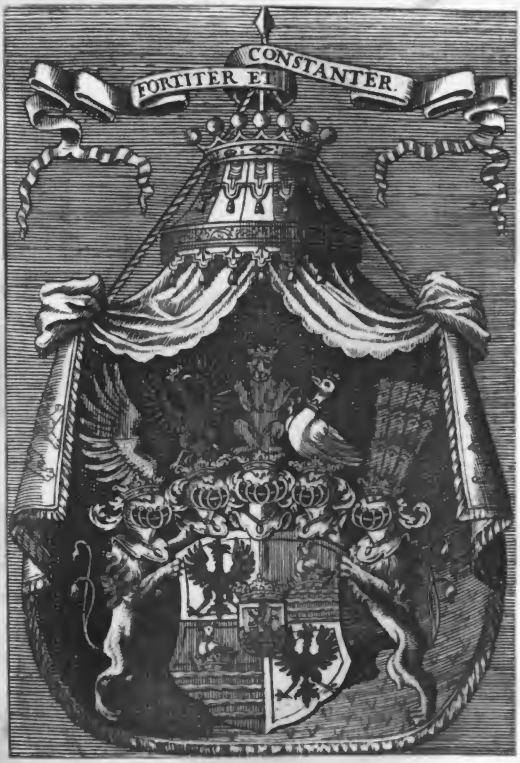
A. Lugd. 42.



Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

VT. PONDERA LIBRA, SIC ÆDIFICIA ARCHITECTI

Digitized by Google

Christophorus Otto Comes et Dns
in Schallenberg p. Præpositus Constan-
tiensis[a] et Canonicus Augustan.[b] natus
a.o 1698. 6.a Junii, hora 4.a matutina
in Hagen prope Linfin Austriæ
superioris, Patre, Comite Christophe
Ernesto p. Matre, Christina, nata
Baronissa Schiferin, denatus a.o 17....

a ab a.o 1693. b ab a.o 1672, eiusdemq.
ecclesiæ Decanus ab a.o 1721.

BIBLIOTHECA
REGIA
MONACENSIS

Digitized by Google

DISSERTATION

Sur l'EPAISSEUR des Culées des Ponts, sur la LARGEUR des Piles, sur la PORTE'E des Voussoirs, sur l'EFFORT & la PESANTEUR des Arches à differens surbaissemens, & sur les PROFILS de Maçonnerie qui doivent supporter des Chaussées, des Terrasses, & des Remparts, à quelque hauteur donnée que ce puisse estre.

De plus, de la POUSSE'E DES CORPS differemment inclinez, & le moyen de la calculer.

Des differens DEGREZ DE FORCE que les Chevaux employent à tirer toute sorte de Voiture roulante sur differens Pavez, plus ou moins élevez ou inclinez.

Des FROTTEMENS & de la RETENUE de toute sorte de Corps pesans, qu'on fait descendre par plusieurs tours de corde, autour d'un Essieu immobile, & la maniere de les déterminer.

Et enfin de la PERCUSSION des Corps que l'on fiche, comme Pieux & Pilotis, comparée avec les charges qu'ils doivent supporter, & le moyen d'en supputer le poids.

Avec plusieurs TABLES dressées sur ces principes de Méchanique, où tous ceux qui se mêlent d'Architecture, trouveront en un moment la maniere de résoudre la plûpart de ces difficultez.

Par le Sieur GAUTIER, Architecte, Ingenieur & Inspecteur des grands Chemins, Ponts, & Chaussées du Royaume.

A PARIS,

Chez ANDRE' CAILLEAU, Quay des Augustins, près la ruë Pavée, à Saint André.

M. DCCXVII.

Avec Approbations & Privilege du Roy,

Digitized by Google

Bayerische
Staatsbibliothek
München

Digitized by Google

A MONSEIGNEUR,

MONSEIGNEUR

DE

BERINGHEN,

CHEVALIER DES ORDRES, & Premier Ecuyer du Roy; Gouverneur pour Sa Majeſté des Citadelles de Marſeille; du Conſeil du dedans du Royaume; & Commiſſaire General des Ponts & Chauſſées de France.

MONSEIGNEUR,

Animé d'un ardent deſir de me rendre utile à l'Etat, & digne de la protection dont il vous plaît m'honorer; j'ay fait une Diſſertation ſur

Digitized by Google

la matiere des Ponts, que je prends la liberté de mettre au jour ſous vos auſpices. J'eſpere que le Public accoûtumé à reſpecter ce qui a merité vôtre approbation, recevra avec plaiſir un Ouvrage où en même temps je propoſe & reſous toutes les difficultez qui s'offrent ſur cette partie d'Architecture: Ce que j'oſe dire n'avoir eſté juſques à preſent fait par aucun Auteur. Cette matiere eſt aſſez intereſſante, & vôtre Zele pour le bien de l'Etat, eſt trop grand pour ne me pas flater que vous regarderez avec vôtre bonté ordinaire, des éclairciſſemens qui rendront certaine la conſtruction des Ponts, par des principes ſolides & démontrez; au lieu que juſqu'à preſent la réuſſite de ces conſtructions n'eſtoit dûë qu'au hazard, ou au plus à de foibles conjectures. Ce n'eſt pas dans une Epiſtre dedicatoire que je dois faire valoir le fruit de mes veilles, j'en laiſſerai juger par le merite des regles établies dans le cours de mon Ouvrage. Je n'entreprendrai point auſſi les loüanges que l'on a coûtume de donner aux Perſonnes ſous la protection deſquelles on veut mettre un Ouvrage dans le Public. Je ſçay que vôtre modeſtie ſouffriroit avec peine l'Eloge le plus ſimple. Je

Digitized by Google

me contenterai donc de publier l'agrément, & le bonheur de tous ceux, qui, comme moy, ont l'honneur de travailler ſous vos ordres, & de me dire avec un tres profond reſpect,

MONSEIGNEUR,

Vôtre tres humble & tres obéiſſant ſerviteur,
GAUTIER.

Digitized by Google

APPROBATION.

NOUS Ecuyer, Conſeiller du Roy, Controlleur General des Bâtimens, Jardins, Arts & Manufactures de Sa Majeſté, ſon Architecte ordinaire, & Premier Ingenieur des Ponts, & Chauſſées du Royaume, avons lû & examiné *la Diſſertation ſur les Ponts, Piles, Vouſſoirs, Pouſſées des Arches, &c.* faite par M. Gautier Architecte, Ingenieur, & Inſpecteur deſdits Ponts & Chauſſées du Royaume, dans laquelle nous avons trouvé beaucoup de Reflexions, de Regles & d'Inſtructions tres utiles aux Ouvrages publics, & à toutes Perſonnes qui ſe mêlent de l'Art de bâtir. En foy de quoy nous avons ſigné le preſent Certificat. A Paris le neuviéme Juin 1717, ſigné, GABRIEL.

Digitized by Google

PREFACE.

LES Arts ne ſont fondez que ſur les Méchaniques, & les Méchaniques ſont partie des Mathematiques, qui ſont des Sciences qui ſe démontrent.

L'Architecture eſt un Art qui dépend en partie de ces Sciences, & ſurtout des Méchaniques, mais encore de la Phyſique. Si on examine ſon origine, on trouvera qu'elle eſt auſſi ancienne que le Monde. Car les Hommes n'ont pas eſté plûtoſt ſur la Terre, qu'ils ſe ſont fait des demeures pour ſe mettre à couvert des injures du temps. Lors de Salomon elle avoit des perfections qu'il ſemble que les Hommes qui ſont venus depuis n'ont point égalé; on le voit par la deſcription de ſon ſuperbe Temple. Les Grecs & les Romains qui luy ont ſuccedé, ont fait des chefs-d'œuvres dans cet Art, ſur leſquels nous prenons encore aujourd'hui des modeles. Et ſi les Gots qui ſont venus après, ont défiguré les ornemens d'Architecture, & n'ont point obſervé les proportions que les Romains ont aſſemblé entre les diverſes parties des bâtimens, & qui ſont toute l'harmonie de ce bel Art, ils n'ont pas laiſſé de nous donner de tres beaux ouvrages à leur façon dans leurs eſpeces; en ſorte que s'ils n'ont pas imité les ordres d'Architecture antique des Romains, ceux qui ont ſuccedé aux Gots n'ont pas ſuivi les ouvrages de ces derniers dans la tournure, & dans la délicateſſe de la plûpart de leurs ornemens qui ſont inimitables dans leurs chefs-d'œuvres.

La proportion dans tous les Ouvrages d'Architecture de quelque eſpece qu'ils puiſſent eſtre, & le Méchaniſme de leurs efforts, dont les plus habiles Architectes ne ſont

Digitized by Google

point convenus a eſté juſqu'à preſent le plus difficile de cet Art. Et on peut dire que nous ſommes aprés à chercher aujourd'hui ce que tous les plus grands Hommes des Siecles paſſez n'ont point encore trouvé. Tant il eſt vray que les Arts ſont encore fort imparfaits ; & ſurtout l'Architecture, où l'on voit que les choſes y changent des deux à trois fois differemment dans chaque Siecle, par la difference des idées que les Hommes ont aujourd'hui que nos Prédeceſſeurs n'avoient pas ; & que l'on peut juger de même de nos Deſcendans, qui renverſeront peuteſtre quelque jour ſuivant ces apparences tout ce que nous croyons faire de mieux. * On ne ſçait ſi c'eſt parce que nous n'aimons pas de voir toujours devant les yeux un même objet qui fatigue nos ſens, & que la varieté dont la nature ſe plaiſt & ſe ſert pour nous faire trouver ſi beau l'Univers, imprime dans noſtre imagination ces ſortes de changemens ; ou bien ſi c'eſt faute de connoiſſance que nous n'ayons pas pû donner aux Ouvrages que nous entreprenons leurs dernieres perfections. Une choſe eſt certaine, c'eſt que nous n'avons pas atteint juſqu'à ce dernier dans l'Architecture. J'ay propoſé là-deſſus mes difficultez. Perſonne juſqu'aujourd'hui n'en a donné des ſolutions aiſées. Il n'y a qui que ce ſoit qui ait paru s'y vouloir appliquer. Elles intereſſent cependant tous les Ingenieurs & les Architectes, afin de pouvoir juſtifier les choſes qu'ils pratiquent chaque jour, & dont on ne rend aucune raiſon. L'Homme ne pretend eſtre tel, &

Auſſi Mezeray ce ſçavant Hiſtoriographe, dit fort à propos que chaque temps, & chaque generation a ſes goûts, & ſes productions particulieres. Baltazar Gratian dit encore que les choſes du monde ont leurs ſaiſons ; & ce qu'il y a de plus éminent eſt ſujet à la bizarrerie de l'uſage, qu'il n'y a que le ſage qui a la conſolation d'eſtre éternel. Les œuvres de la Nature, dit Patercule, arrivent toujours au point de leur perfection, & puis diminuënt ; au contraire de celle de l'Art & des productions de l'eſprit qui ne ſont jamais ſi parfaites, qu'elles ne le puiſſent devenir encore davantage.

Digitized by Google

veritablement Homme, que parce qu'il eſt raiſonnable; cependant dans cette occaſion il a agi depuis qu'il eſt au monde dans ces ſortes d'Ouvrages, ſans rendre compte de ſa conduite à perſonne, quoique ſon eſprit porté au bien l'ait toujours conduit dans ſes actions, il a travaillé fort obſcurement dans ces ſortes de choſes. Il n'a eſté qu'en tâtonnant dans tous les Ponts & dans toutes les voutes qu'il a fait conſtruire dans toutes ſortes de bâtimens. Il n'a jamais ſuivi de Regles certaines, pour ſçavoir juſqu'où il pouvoit ſûrement porter les limites de ſon Ouvrage: Car ſi on donne aux Culées des Ponts, & aux Pieds-droits qui ſupportent les voutes, plus de ſolidité qu'il n'en faut, ſans s'embaraſſer de la recherche de cette préciſion, on peut tomber dans des inconveniens tres deſavantageux à un honneſte Homme. 1°, C'eſt que ſi on eſt eſtimé de tout le monde, on a un reproche ſecret à ſe faire de n'eſtre pas ſûr de ce qu'on propoſe. 2°, Et enfin c'eſt que donnant une plus grande étenduë de maçonnerie qu'il ne faut au delà de la force des Pouſſées des materiaux, on expoſe l'Etat, ou celui pour qui on travaille à une dépenſe onereuſe qui ſeroit employée ailleurs fort utilement.

Comme perſonne n'a encore traité de ces ſortes de faits que fort imparfaitement. Que Vitruve, ni Vignolle n'en ont rien dit, je me ſuis fait mille reproches à moy-même de n'eſtre pas ſûr des Ouvrages que je pourrois propoſer ſur cette matiere, qu'en ſuppoſant des inutilitez ſuperfluës, quoique tous les plus grands Hommes ayent agi de même, & que ceux qui viendront aprés nous ſuivront également, j'ay voulu hazarder mes conjectures, afin qu'eſtant vûës de tout le monde, elles obligent quelque plus habile que moy à faire mieux, & à me redreſſer. C'eſt ainſi que les choſes ſe perfectionnent; ſi je ne réuſſis pas mieux qu'un autre, au moins aurai-je devers moy l'avantage d'avoir eſté le premier à rompre la glace, & à frayer un chemin que d'autres perfectionneront pour

Digitized by Google

n'avoir plus rien à souhaiter sur une matiere qui fait tant de peine à tous les habiles Architectes qui ont eu l'honneur en partage, & qui doivent rendre compte de leurs actions au Public jusqu'au moindre détail.

APPROBATION.

J'AY lû par Ordre de Monseigneur le Chancelier, *la Dissertation sur l'épaisseur des Culées des Ponts, &c.* & n'y ay rien trouvé qui en doive empêcher l'Impression. Fait à Paris ce dixseptiéme Mars 1717, signé, FONTENELLE,

PRIVILEGE DU ROY.

LOUIS par la Grace de Dieu, Roy de France & de Navarre : A nos amez & feaux Conseillers les Gens tenans nos Cours de Parlement, Maîtres des Requêtes ordinaires de nôtre Hôtel, Grand Conseil, Prevôt de Paris, Baillifs, Senéchaux, leurs Lieutenans Civils, & autres nos Justiciers, SALUT. Nôtre bien amé ANDRE' CAILLEAU, Libraire à Paris, Nous ayant fait exposer qu'il luy avoit esté mis en main un Manuscrit qui a pour Titre TRAITE' DES PONTS ET CHAUSSE'ES, & désireroit donner au Public une DISSERTATION SUR LES CULE'ES, PILES, VOUSSOIRS, POUSSE'ES DES PONTS, &c. s'il Nous plaisoit lui accorder nos Lettres de Privilege pour la Ville de Paris seulement. Nous avons permis & permettons par ces Presentes audit Cailleau de faire imprimer ledit Livre en telle forme, marge, caractere, conjointement ou séparément, & autant de fois que bon luy semblera, & de le vendre &

Digitized by Google

faire vendre & debiter par tout nôtre Royaume pendant le temps de dix années consecutives, à compter du jour de la datte desdites Presentes. Faisons défenses à toutes sortes de personnes de quelque qualité & condition qu'elles soient, d'en introduire d'impression étrangere dans aucun lieu de nostre obéissance ; & à tous Imprimeurs, Libraires & autres, dans ladite Ville de Paris seulement, d'imprimer, ou faire imprimer ledit Livre en tout ni en partie, & d'y en faire venir, vendre & debiter d'autre impression que de celle qui aura esté faite pour ledit Exposant, sous peine de confiscation des Exemplaires contrefaits, & de mille livres d'amende contre chacun des Contrevenans, dont un tiers à Nous, un tiers à l'Hôtel-Dieu de Paris, l'autre tiers audit Sieur Exposant, & de tous dépens, dommages & interests ; à la charge que ces Presentes seront enregistrées tout au long sur le Regiſtre de la Communauté des Imprimeurs & Libraires de Paris ; & ce dans trois mois de la date d'icelles ; que l'Impression dudit Livre sera faite dans nôtre Royaume, & non ailleurs, en bon papier & beau caractere conformément aux Reglemens de la Librairie : Et qu'avant que de l'exposer en vente, il en sera mis deux Exemplaires dans nôtre Bibliotheque publique, un dans celle de nôtre Château du Louvre, & un dans celle de nôtre tres cher & tres feal Chevalier Chancelier de France le Sieur de Voysin Commandeur de nos Ordres ; le tout à peine de nullité des Presentes. Du contenu desquelles vous mandons & enjoignons de faire joüir l'Exposant ou ses Ayans-cause, pleinement & paisiblement, sans souffrir qu'il luy soit fait aucun trouble ou empêchement. Voulons que la Copie desdites Presentes qui sera imprimée au commencement ou à la fin dudit Livre, soit tenuë pour dûëment signifiée ; & qu'aux Copies collationnées par l'un de nos amez & feaux Conseillers Secretaires, foy soit ajoutée comme à l'Original. Commandons au premier nôtre Huissier ou Sergent de

Digitized by Google

faire pour l'execution d'icelles tous Actes requis & neceſſaires, ſans demander d'autre Permiſſion ; & nonobſtant Clameur de Haro, Chartre Normande, & Lettres à ce contraires : CAR tel eſt nôtre plaiſir. DONNE' à Paris le vingt-troiſiéme jour de Mars, l'an de grace mil ſept cens ſeize, & de noſtre Regne le premier. Signé, par le Roy en ſon Conſeil, FOUQUET.

Regiſtré ſur le Regiſtre N. 3, de la Communauté des Libraires & Imprimeurs de Paris, Page 1045, N. 1381, conformément aux Reglemens, & notamment l'Arreſt du Conſeil du 13 Aouſt 1703. A Paris le 29 Mars 1716. Signé, DELAULNE, Syndic.

ERRATA.

Page premiere, ligne 3, Ponteaux, *liſez* Pontceaux.
Page 4. ligne 4, inclination, *liſez* inclinaiſon.
Page 17, ligne 4, faſſent, *liſez* taſſent.
Page 61, lignes 21, 27, & ſuivantes, cloux, *liſez* clou.

DISSERTATION

Digitized by Google

DISSERTATION
SUR LES CULÉES, VOUSSOIRS, PILES ET POUSSÉES DES PONTS.

CHAPITRE PREMIER.

Des cinq Difficultez proposées aux Sçavans, à resoudre.

CES cinq Difficultez sont,

1°, Quelle doit estre l'épaisseur des Culées dans toutes sortes de Ponts & Ponteaux de maçonnerie, à proportion de la grandeur des Arches & Arceaux, & des poids qu'elles doivent supporter.

2°, Quelle doit estre la largeur des Piles par rapport à l'ouverture des Arches & Arceaux, & des poids dont on les charge.

3°, Quelle doit estre la portée des Voussoirs depuis leur intradosse, à leur extradosse, à toutes sortes de grandeurs d'Arches & d'Arceaux, à l'endroit de la Clef.

4°, Et enfin, quelle est de toutes les Arches & Arceaux fixez sur un même diametre, qui pourra porter des plus grands fardeaux; ou à quelle proportion les uns & les autres détermineront au juste leurs efforts, ou celle de l'Ellipse à quelque surbaissement qu'on veüille la reduire, ou celle à plein ceintre, ou enfin celle à Tiers-point ou Gothique, à quelque hauteur qu'on veüille la faire atteindre.

5°, A ces quatre Propositions on en joint une cinquié-

Digitized by Google

me, qui eſt de marquer au juſte quel doit eſtre le profil des murs de ſoutenemens pour retenir les terres d'une Chauſſée, des Turcies, des Rempars dans les Fortifications, à toutes ſortes de hauteurs, &c. On prétend que feu Mr le Maréchal de Vauban a donné un pareil Projet pour les Fortifications, qui peut ſervir à tous les cas qu'on propoſe ici, qui peut ſoutenir depuis 10 juſqu'à 80 pieds de hauteur de terre nouvellement tranſportée, & non raſſiſe. Mais comme ce profil n'eſt fondé que ſur l'experience de plus cinq cens mille toiſes cubes de maçonnerie, bâties à cent cinquante Places fortifiées ſous les ordres & ſous le Regne de LOUIS LE GRAND, à quoy il a eſté toujours employé avec ſuccès, ſans autre preuve. On en demande la démonſtration avec la reſolution des quatre autres Propoſitions précedentes, afin que par des regles certaines on projette ces ſortes d'Ouvrages, & dont perſonne juſques aujourd'hui n'a donné aucune ſolution.

Les Hypotheſes qu'on établira pour principes doivent eſtre connuës certaines & évidentes, dont on ne puiſſe pas douter.

On demande qu'on s'explique avec des termes & un langage connu, afin que tout le monde l'entende, & en puiſſe juger.

Pour comprendre ce que je rapporte ſur les cinq Difficultez que je propoſe, il ne faut pas avoir un génie ſuperieur. J'eſpere que le moindre Ouvrier avec le ſens commun, pourra tracer & démontrer ce que j'avance.

1°, Le ſens commun fait bientoſt juger par le moyen d'un peu de Phyſique, de raiſonnement & d'experience, qu'on comprendra facilement la liaiſon des differens materiaux qu'on employe pour la bâtiſſe des Arches & des voutes; & que s'il n'y a pas quelque choſe comme la coupe des pierres, ou le mortier qui ſert à leur liaiſon, il ne ſeroit pas poſſible de les conſtruire. Les Anciens ne ſe ſont ſervis que du premier expedient en certains

Digitized by Google

endroits dans leurs plus beaux Ouvrages, ſans y mêler aucun mortier, comme on le remarque à leurs Arches extradoſſées, dont les Vouſſoirs n'ont aucune liaiſon entr'eux à côté & ſous les Arches. Cet exemple ſe juſtifie à l'Aqueduc antique du Gard en Languedoc, & ailleurs; mais même encore au reſtant du corps du bâtiment dans l'Amphitheatre de Niſmes, où toutes les pierres portent à ſec les unes ſur les autres, ſans liaiſon de mortier. Comme auſſi au Temple de Diane près la Fontaine de cette même Ville, vouté avec des Arcs-doubleaux alternativement, qui portent ſur des tremeaux entre des niches. On ne doit pas toujours ſuivre ces exemples, ſurtout lorſqu'on n'a à employer que de petits materiaux, qui ne pourroient aſſurer l'Ouvrage s'il n'y avoit un fort mortier qui en fiſt la liaiſon.

2°, On a beſoin de connoître quelque choſe de la Statique, pour faire voir que tout ce qui tourne autour d'un eſſieu, comme dans les baſſins d'une balance qui a ſes bras égaux, ou inégaux, ne ſera jamais en équilibre avec un autre poids, s'ils n'ont entr'eux une égale peſanteur, ou des raiſons reciproques de leurs efforts. C'eſt ainſi qu'on s'aſſure de la Pouſſée des voutes, en leur oppoſant des forces qui ont une égale puiſſance.

3°, On doit encore employer les Méchaniques pour juger du pouvoir de tous ces corps, & des forces mouvantes, en ce que les uns qui ſont ſupportez en l'air, peuvent agir contre ceux qui ſont audeſſous fixes & arreſtez en terre, qu'on ſuppoſe inébranlables, & qui les ſupportent, comme eſt l'Arche d'un Pont, une voute qui porte à faux & en l'air, & qui a diverſes puiſſances ſur les Piles & les Culées qui la ſoutiennent, & qu'on ſuppoſe inébranlables. Et à ce ſujet la coupe des pierres y eſt abſolument neceſſaire, qui détermine differemment les Pouſſées des unes & des autres par rapport à la difference de leurs coupes. Car il n'y a point de Vouſſoir qui eſtant incliné differemment, quoique portant une

même coupe, il n'agiſſe de toute autre maniere que ceux ſur leſquels il eſt poſé, & audeſſus duquel on en aura poſé d'autres, qui agiſſent toujours differemment ſuivant la difference de l'inclination de leurs Plans.

4°, Et enfin, la Geometrie eſt neceſſaire à l'intelligence de ces cinq Propoſitions, pour pouvoir meſurer les ſurfaces ou les ſolides de tous ces corps qui ont diverſes puiſſances, afin de les comparer les uns aux autres. Un peu de chacune de ces Sciences avec le ſens commun, ſuffiront pour faire connoître facilement ce que j'avance. Je n'oublie rien pour me rendre aiſé & intelligible, afin que ceux qui ne ſçavent pas pour qui uniquement je travaille, en puiſſent plus facilement juger.

Pour eſtre plus aiſément au fait, je vay rapporter tout ce que j'ay pû trouver chez les Auteurs Architectes, afin qu'on ſoit prévenu de leurs idées. Après cela j'établirai la Queſtion pour la reſoudre autant qu'il dépendra de moy & de mes connoiſſances.

CHAPITRE II.

Quelle doit eſtre l'épaiſſeur des Culées dans toutes ſortes de Ponts & Ponceaux de maçonnerie, à proportion de la grandeur des Arches & Arceaux, & des poids qu'elles doivent ſupporter.

Obſervations ſur les Auteurs qui ont voulu déterminer la largeur des Culées.

MONSIEUR DE LA HIRE ce ſçavant du ſiecle, prétend avoir démontré la Pouſſée des voutes, & déterminé l'épaiſſeur des Pieds-droits qui les ſupportent.

Digitized by Google

Les voutes dans son Ouvrage sont des Arches ou Arceaux des Ponts & Ponceaux, & les Pieds-droits sont les Culées en question. Ainsi tout revient au même.

C'est un Problême, dit-il, des plus difficiles qu'il y ait dans l'Architecture que de connoître la force que doivent avoir les Pieds-droits des voutes pour en soutenir la Poussée; & les Architectes n'ont trouvé jusqu'à present aucune Regle certaine pour la déterminer. Ce Problême appartient à la Méchanique; & c'est par son moyen que nous pouvons le resoudre, en faisant quelques suppositions dont on convient facilement dans la construction de ces sortes d'Ouvrages.

On appelle la Poussée des voutes, l'effort que font toutes les pierres qui les forment, & qui sont taillées en coin, qu'on appelle Voussoirs, pour écarter les Jambages ou Pieds-droits qui soûtiennent ces voutes. Et comme ceux qui ont esté les moins hardis dans leurs entreprises, ont donné une force extraordinaire à ces Pieds-droits pour rendre leurs Ouvrages plus durables, comme la plûpart des Anciens l'ont pratiqué; & que les autres au contraire ont esté trop hardis en faisant ces Pieds-droits trop foibles, & si délicats qu'ils ne paroissent pas pouvoir porter seulement la charge qui est au-dessus: On a crû qu'il falloit chercher dans la Geometrie une Regle sur laquelle on pût s'assûrer pour déterminer la force dont on doit les faire.

On remarque ordinairement que lorsque les Pieds-droits d'une voute sont trop foibles pour en soutenir la Poussée, la voute se fend vers le milieu, entre son imposte & le milieu de sa Clef. C'est pourquoi on peut supposer que dans la moitié superieure du demi-arc, tous les Voussoirs sont si bien liez les uns aux autres, qu'ils ne forment que comme une seule pierre. Et c'est sur cette supposition, & sur la solidité de la fondation où les Pieds-droits sont assis, que l'on établit la démonstration de la Regle que l'on trouvera dans la suite.

Voyez page 70 des Memoires de l'Academie année 1712.

Après cela Mr de la Hire entre en matiere, expoſe la figure de la voute, dont il pretend prouver la Pouſſée, & déterminer la largeur que doit avoir le Pied-droit qui la ſupporte.

J'avouë ingenuëment que je ne ſuis pas aſſez habile pour la comprendre. Je n'ay pas pû même ſuivre ſon Operation tant je la trouve compoſée ; & je regarde tout ce qu'il nous a dit, comme une choſe dont les demi Sçavans, & ſurtout les Ouvriers, ne ſçauroient comprendre. Car ſi pour concevoir ce qu'il rapporte, il faut ſçavoir abſolument l'Algebre, dont il emprunte les ſecours, je ne crois pas qu'aucun Tailleur de pierres, Appareilleur, ni Architecte, pour qui ces ſortes d'Ouvrages doivent eſtre faits & rendus aiſez, en puiſſent jamais profiter, parce que pour l'ordinaire ces Perſonnes ne s'appliquent pas à cette Science, comme inutile à leur Profeſſion, & comme infiniment occupez ailleurs à leurs Ouvrages. Et tant que nos penſées ne ſeront pas aiſées à penétrer aux moins Sçavans, elles ne ſeront pas inſtructives, & par conſequent deviennent inutiles à la Poſterité. Je ſuis prévenu que lorſque Mr de la Hire voudra bien reſoudre ces Difficultez, pour les rendre aiſées à tous ceux qui ſe mêlent de bâtir, il pourra le faire mieux qu'un autre, comme ayant plus de lumieres ; & c'eſt ce qui eſt bien à ſouhaiter.

On trouve dans les Memoires de l'Academie Royale des Sciences année 1704, ſur la figure de l'extradoſſe d'une voute circulaire, dont tous les Vouſſoirs ſont en équilibre entr'eux, qu'une voute ou un Arc demi-circulaire eſtant poſé ſur les deux pieds droits, & toutes les Pierres ou Vouſſoirs qui compoſent cet Arc, eſtant faites & poſées entre eux de maniere que leurs joints prolongez ſe rencontrent tous au centre de l'Arc. Il eſt évident que tous les Vouſſoirs ont une figure de coin plus large par haut que par bas, en vertu de laquelle ils s'ap-

Digitized by Google

puyent, & se soutiennent les uns les autres, & resistent reciproquement à l'effort de leur pesanteur qui les porteroit à tomber. Le Voussoir du milieu de l'Arc qui est perpendiculaire à l'Orizon, & qu'on appelle Clef de voute, est soutenu de part & d'autre par les deux Voussoirs voisins, precisément comme par des Plans inclinez; & par consequent l'effort qu'il fait pour tomber n'est pas égal à sa pesanteur, mais en est une certaine partie, d'autant plus grande que les Plans inclinez qui le soutiennent, sont moins inclinez. De sorte que s'ils estoient infiniment peu inclinez, c'est à dire perpendiculaires à l'Orizon aussibien que la Clef de voute, elle tendroit à tomber par toute sa pesanteur, ne seroit plus soutenuë, & tomberoit effectivement, si le ciment que l'on ne considere pas ici, ne l'en empêchoit. Le second Voussoir qui est à droite ou à gauche de la Clef de voute est soutenu par un troisiéme Voussoir, qui en vertu de la figure de la voute est necessairement plus incliné à l'égard du second, que le second ne l'est à l'égard du premier, & par consequent le second Voussoir dans l'effort qu'il fait pour tomber, exerce une moindre partie de sa pesanteur que le premier. Par la même raison tous les Voussoirs à compter depuis la Clef de voute, vont toujours en exerçant une moindre partie de leur pesanteur totale; & enfin ce dernier qui est posé sur une surface orizontale du Pied-droit n'exerce aucune partie de sa pesanteur, ou ce qui est la même chose ne fait nul effort pour tomber, puisqu'il est entierement soutenu par le Pied-droit.

Si l'on veut que tous ces Voussoirs fassent un effort égal pour tomber, ou soient en équilibre, il est visible que chacun depuis la Clef de voute jusqu'au Pied-droit, exerçant toujours une moindre partie de sa pesanteur totale; le premier, par exemple, n'en exerçant que la moitié, le second un tiers, le troisiéme, un quart, &c. Il n'y a pas d'autre moyen d'égaler ces differentes par-

ties, qu'en augmentant à proportion les Touts dont elles ſont parties ; c'eſt à dire qu'il faut que le ſecond Vouſſoir ſoit plus peſant que le premier, le troiſiéme plus que le ſecond, & ainſi de ſuite juſqu'au dernier qui doit eſtre infiniment peſant, parce qu'il ne fait nul effort pour tomber, & qu'une partie nulle de ſa peſanteur ne peut eſtre égale aux efforts finis des autres Vouſſoirs, à moins que cette peſanteur ne ſoit infiniment grande. Pour prendre cette même idée d'une maniere plus ſenſible, & moins Metaphyſique, il n'y a qu'à faire reflexion que tous les Vouſſoirs, hormis le dernier, ne pourroient laiſſer tomber un autre Vouſſoir quelconque ſans s'élever, qu'ils reſiſtent à cette élevation juſqu'à un certain point déterminé par la grandeur de leur poids, & par la partie qu'ils en exercent, qu'il n'y a que le dernier Vouſſoir qui puiſſe en laiſſer tomber un autre, ſans s'élever en aucune ſorte, & ſeulement en gliſſant orizontalement, que les poids tant qu'ils ſont finis n'apportent aucune reſiſtance au mouvement orizontal, & qu'ils ne commencent à y en apporter une finie que quand on les conçoit infinis.

M. de la Hire dans ſon Traité de Méchanique imprimé en 1695, a démontré quelle eſtoit la proportion ſelon laquelle il falloit augmenter la peſanteur des Vouſſoirs d'un Arc demi-circulaire, afin qu'ils fuſſent tous en équilibre. Ce qui eſt la diſpoſition la plus ſûre que l'on puiſſe donner à une voute pour la rendre durable. Juſques-là les Architectes n'avoient eu aucune Regle préciſe & ne s'eſtoient conduits qu'en tâtonnant. Si l'on compte les degrez d'un quart de cercle, depuis le milieu de la Clef de voute juſqu'à un Pied-droit, l'extremité de chaque Vouſſoir appartiendra à un Arc d'autant plus grand qu'elle ſera éloignée de la Clef. Et il faut par la Regle de M. de la Hire, augmenter la peſanteur d'un Vouſſoir par deſſus celle de la Clef autant que la tangente de l'Arc de ce Vouſſoir l'emporte ſur la tangente de l'Arc de la

Digitized by Google

moitié de la Clef. La tangente du dernier Vouſſoir devient neceſſairement infinie, & par conſequent auſſi ſa peſanteur. Mais comme l'infini ne ſe trouve pas dans la pratique, cela ſe réduit à charger autant qu'il eſt poſſible les derniers Vouſſoirs, afin qu'ils reſiſtent à l'effort que fait la voute pour les écarter, qui eſt ce qu'on appelle la Pouſſée.

M. Parent a cherché quelle ſeroit la courbure exterieure, ou l'extradoſſe d'une voute dont l'intradoſſe ſeroit circulaire, & tous les Vouſſoirs en équilibre par leur peſanteur, ſelon la Regle de M. de la Hire. Car il eſt clair que tous ces Vouſſoirs inégaux dans une certaine proportion feroient en dehors une certaine courbure reguliere, il ne l'a trouvée que par points, mais d'une maniere fort ſimple. De ſorte que par ſa Methode on pourroit aſſez facilement conſtruire une voute dont on ſeroit ſûr que tous les Vouſſoirs ſeroient en équilibre.

Un fruit conſiderable de la recherche de M. Parent, c'eſt qu'il a découvert en même temps la meſure de la Pouſſée de la voute, ou quel rapport a cette Pouſſée au poids de la voute. On ſçavoit ſeulement que cet effort eſtoit tres grand, & on y oppoſoit de groſſes maſſes de Pierres, ou Culées, plûtoſt trop fortes, que trop foibles, mais on ne ſçavoit point préciſément où il s'en falloit tenir. On pourra le ſçavoir preſentement, les Arts ſe ſentent toujours du progrés de la Geometrie, &c.

Voici ſur quelles Regles tous ceux qui ſe mêlent de bâtir ſe conduiſent, ou ſe ſont conduits juſqu'aujourd'hui en fait de Pieds droits qui ſupportent les voutes, ou bien les Culées dans les Ponts.

Le ſçavant Pere Deran dans ſon Traité de la coupe des pierres, & M. Blondel Architecte du Roy, un des plus habiles Hommes que nous ayons eu dans le Siecle paſſé, & dans ſon Traité d'Architecture, tablent ſur les mêmes Operations comme tous les autres qui ſont venus aprés eux.

Digitized by Google

Dans quelque eſpece de voute, ou d'Arche de Pont que ce puiſſe eſtre, diſent-ils, elliptique, à plein ceintre, à tiers-point & à portion de cercle, diviſez en la circonference dans l'intradoſſe en trois parties égales, Planche premiere, Figure premiere, comme l'on voit dans la Figure à plein ceintre en *AO*, *O P*, & *PM*, prolongez en une *P M*, en *S*, en ſorte que *M S*, ſoit égale à *P M*. Faites tomber ſur *A R*, Diametre prolongé du Point *S*, la perpendiculaire *S R*, qui déterminera l'épaiſſeur de la Culée par *M R*, prolongez cette perpendiculaire en *Q*, juſqu'à la rencontre de *E Q* continuée, qui donnera l'épaiſſeur de la maçonnerie juſqu'au deſſous de l'intradoſſe.

Cette Operation n'eſt point prouvée pour faire voir qu'elle ſoit juſte ou veritable. Ainſi ce n'eſt rien dire, & c'eſt donner au hazard que de la ſuivre.

Ce qui eſt le plus à remarquer dans la conſtruction de tous ces differens Arcs, dit M. Blondel, c'eſt la difference de leurs Pouſſées; c'eſt-à-dire de la force qu'ils ont chacun en particulier à charger plus ou moins les Piles, ou les Pieds-droits qui les portent; car il eſt certain que plus un Arc eſt ſurmonté, & moins il pouſſe. Comme au contraire les Arcs ſurbaiſſez ſont ceux dont la Pouſſée eſt la plus forte, laquelle s'augmente, ou diminuë ſuivant la difference du plus ou du moins de ſon ſurbaiſſement. Ainſi il eſt à propos de donner des épaiſſeurs differentes aux Piles, ou aux pieds droits, ſuivant la difference des Pouſſées, en conformité de l'Operation que nous venons de citer ci-devant.

Voici ce qu'il a ſuivi ſur cette difficulté dans l'execution de ſon Pont de Xaintes. Il fait les Piles comme 3 à 8, par rapport à l'ouverture des Arches, & la Pile du bout vers le Pont-levis qui ſert de Culée, & qui eſt coupée, il y donne un ſixiéme de plus de largeur, à cauſe qu'elle doit ſoutenir de ce côté, la Pouſſée de tous les Arcs qui ſont à ceintre ſurbaiſſé, ſurquoi il ſera facile

Digitized by Google

de faire un compte pour ſçavoir s'il a ſuivi la Methode qu'il nous preſcrit, dont il fait une Regle generale.

Palladio nous dit que les têtes des Ponts qu'il appelle Culées, doivent eſtre tres ſolides, les faire aux endroits où les rivages ſont de roc, ou de tuf, ou de bon terrain, autrement il faut les affermir par l'Art, par d'autres Piles, ou par d'autres Arcs.

Parlant enſuite des Arcs, il dit que les plus forts ſont à plein ceintre, parce qu'ils portent entierement ſur les Piles, ſans ſe pouſſer les uns les autres. Quand on eſt contraint par la trop grande hauteur, on peut les faire à Arcs diminuez, ou ſurbaiſſez, en ſorte que leur hauteur à plomb ſur la ligne de leur corde ſoit le tiers de la même corde, auquel cas il faut extremement fortifier les Culées.

Dans la Deſcription qu'il fait du Pont de Rimini bâti par Auguſte, il donne ſept pieds & demi aux Culées qui ſupportent des Arches de vingt pieds d'ouverture. Il donne enſuite les proportions de celui bâti ſur la Bachiglione Pont antique, où il fait les Culées de trois pieds & demi de large, ſupportant des Arches de vingt deux pieds d'ouverture.

Les Culées du Pont antique ſur la Rerone, n'ont non plus que trois pieds & demi de large, & ſupportent des Arches de vingt-cinq pieds d'ouverture, ſuivant qu'il nous dit.

Et c'eſt là tout ce que les Architectes nous rapportent des Culées des Ponts; ſurquoi certainement on ne peut prendre aucunes meſures pour en faire une Regle generale, & pour s'y aſſurer, ni même donner aucune raiſon de ce qu'on fait. Je vais l'entreprendre ſans aucun préambule.

Si l'on examine la Figure premiere, Planche premiere, on verra que *AM*, eſt le diametre d'une Arche à plein ceintre *AEM*, ſurbaiſſée, Gothique, ou toute autre qu'on voudra, dont on ſouhaite trouver la Pouſſée pour

Digitized by Google

y oppoſer une Culée, ou une puiſſance égale.

Prolongez indéfiniment le Diametre *M A*, du côté de *C*, toujours de niveau.

Elevez la perpendiculaire *A D*, indéfinie à la naiſſance de l'Arche *A*, & dont le point *A*, doit eſtre regardé comme un point d'appui, & inébranlable.

Tirez encore du point d'appui *A*, au ſommet de l'Arche, ou au milieu de la Clef dans l'intradoſſe la ligne *A E*, & du point d'appui *A*, & de l'ouverture *A E*, décrivez le quart de cercle *D E B*, qui coupera *A M*, en *B*, & *A D*, indéfinie en *D*. Il eſt certain que *AB*, *AE*, & *A D*, ſont égaux par l'Operation comme rayons d'un même cercle. Faites auſſi *A C*, égal à *A B*.

Tirez enſuite l'hypothenuſe *B D*, qui coupera *AE*, en *I*.

Abaiſſez du point *I*, la perpendiculaire *I L*, ſur *AD*, qui ſera moitié de *A B*.

Du ſommet *E*, tirez l'indéfinie *E G*, parallele à *B C*, qui coupera *A D*, en *H*, & portez *I L*, de *H*, en *G*, pour ſervir de Culée à l'Arche *A E M*, en abaiſſant *G V*.

DEMONSTRATION.

1°, Si l'on examine la diſpoſition de cette Figure, on verra que *C B*, eſtant de niveau, & *A B*, eſtant conſideré comme la moitié d'une Platebande, d'une poutre, &c. Elle ne pourra reſter dans cette ſituation, ſi on ne luy oppoſe depuis *A*, en *C*, une égale puiſſance audelà de ſon point d'appui *A*, qui eſt inébranlable. Or *A C*, eſt égal à *A B*, ſoit en longueur, ſoit en force, ſoit en peſanteur, &c. Donc *A C*, tient en raiſon & en équilibre *A B*. Suppoſons ici que *A B*, ſoit de 90 degrez de force, afin de rendre la Démonſtration plus ſenſible à un chacun.

2°, Mais cette moitié de Platebande *A B*, eſt élevée perpendiculairement ſur elle-même au point d'appui *A* en *A D*, de maniere que n'inclinant ni d'un côté, ni

Digitized by Google

d'autre, elle ne doit nullement pouſſer ni vers *B*, ni vers *C*, comme elle faiſoit auparavant, donc il n'y a rien à luy oppoſer pour la tenir en raiſon. Le point d'appui *A*, ſur lequel elle porte, ſuffit pour cela que nous ſuppoſons ici comme inébranlable ; & partant la Platebande *AB*, diſpoſée en *AD*, perpendiculairement, n'aura aucune Pouſſée que nous exprimons par zero, au lieu qu'eſtant dirigée auparavant de niveau en *AB*, ſes forces eſtoient de 90 degrez, ou telles autres qu'on aura ſuppoſées.

3°, Enfin cette même Platebande *AB*, de 90, degrez de force, eſtant dreſſée en *AE*, inclinée de 45 degrez entre *AD* zero, & *AB* de niveau, il n'y a pas de doute qu'empruntant les forces des unes & des autres de ces diſpoſitions, elle ne devienne moyenne proportionnelle entre les deux *AB*, *AD*, en ſorte que ſi la premiere a 90 degrez de force en Pouſſée, & que l'autre n'en ait point, *AE*, qui gardera le milieu entre les deux n'en aura que 45, & partant la moitié de *AB*, qui eſt *AN*, luy ſuffira pour la retenir, qui eſt la même que *IL*, ou *HG*, ſuffiront pour contrebalancer *AE*, ce qu'il falloit faire voir. De maniere que *AB*, moitié de la Platebande de 90 degrez de force, eſtant à *AD*, zero, comme *IL*, moitié de *AB*, puiſſance de 45 degrez à *LD*, zero, & en raiſon reciproque, la Pouſſée *AE*, de l'Arche *AEM*, ſera *HG*, comme celle de la Platebande *AB*, ſera *AC*, ce qu'il falloit démontrer.

Pour trouver les Pouſſées des Arches ſurbaiſſées qui ſont audeſſous du plein ceintre, & celles des Arcs Gothiques qui ſont audeſſus, on opere de la même maniere, & les unes & les autres eſtant comparées avec la Démonſtration de celle à plein ceintre, & dont *DB*, détermine toujours les Pouſſées en *IL*, on prouve également, & ſans difficulté la force & la puiſſance des unes & des autres.

Par tout ce que deſſus on verra donc que *MR*, qui

eſt la Culée que le Pere Deran, & M. Blondel rapportent, n'eſt pas la même que celle de *AV*, qu'on vient de démontrer.

Que Si l'Arche *AEM*, eſtoit changée en une Platebande *AM*, la moitié *AF*, ſeroit retenuë par *AT*, qui luy eſt égale, &c.

Il n'y a perſonne ce me ſemble, qui ſans même beaucoup de Geometrie comme ſont la plûpart des Maiſtres Maçons, des Appareilleurs, & des Tailleurs de Pierres, ne puiſſent comprendre ce que j'avance, le tracer, & le démontrer ſur toutes ſortes d'Arches ſans beaucoup d'operation.

DE LA PLATEBANDE.

Planche deuxiéme, Figure quatriéme.

Soit *GA*, *HC*, les bords des Murs des Culées, ou plûtoſt des Pieds-droits, contre leſquels il faut appuyer une Platebande.

Soit *AC*, l'eſpace entre les murs qui marque la longueur de la Platebande, qui ſera de dix pieds, de dix toiſes, ou telles autres meſures qu'on voudra.

Tirez la ligne *CA*, & de cette ouverture de Compas *AC*, faites le triangle équilateral *AFC*, du point *F*, & de la même ouverture de Compas *FA*, décrivez la portion de cercle *AEC*, que vous diviſerez en deux également au point *E*, ſur l'Arc *AEC*, la hauteur *BE*, qui eſt environ un huitiéme de *AC*, donnera la hauteur de la Platebande pour la coupe des Clavaux.

Prolongez enſuite *CA*, en *D*, en ſorte que *AD*, ſoit égal à *BA*, moitié de *AC*, c'eſt ſans difficulté que la Pouſſée de *AB*, eſtant égale à la reſiſtance que luy fait *DA*, la Platebande ne pourra pas pouſſer le mur *GD*, au delà de l'eſſieu *GA*; Ainſi *AD*, déterminera l'épaiſſeur de la Culée, des Pieds-droits, ou des murs qui doivent ſupporter l'effort de la Platebande, qu'on employe

Digitized by Google

plûtôt dans les Bâtimens civils, pour ſupporter des Plafonds, des Galleries, ou d'autres paſſages au travers d'une cour, & dans des Egliſes pour ſervir de Tribunes, &c. qu'à des Ponts. On en voit une très belle dans l'Egliſe des Reverends Peres Jeſuites à Niſmes, faite ſous la conduite de feu le Reverend Pere Mourgues, & du Deſſein de feu Sieur Cubiſol, habile Architecte, à laquelle il a donné beaucoup moins de hauteur *B E*, qu'on n'en donne ici, ſoit parce qu'il eſtoit aſſuré de la force des pierres, ſoit parce que la coupe avoit eſté bien ſuivie. Comme ſon deſſein eſt tout à fait hardi; je vay le rapporter.

La Platebande en queſtion *A C*, a quatre toiſes, deux pieds, ſix pouces de longueur. Les Clavaux ont un pied d'épaiſſeur. La hauteur de leur coupe *B E*, eſt de deux pieds vers la Clef. A chaque bout *A G*, *C H*, ils commencent par deux pieds quatre pouces. Cette Platebande avoit de relevée ou de bombement, quand on poſa les Clavaux ſur les Ceintres environ ſix à ſept pouces à l'endroit de *B*. Elle deſcendit de près de trois pouces après qu'on en eut ôté le Ceintre ou ſon étayement. De maniere qu'elle bombe aujourd'hui d'environ quatre pouces audeſſus de *B*; les joints ſe ſerrerent à meſure qu'on la déceintra, ce qui la fit deſcendre d'environ les trois pouces en queſtion.

La pratique dans les Platebandes, & la connoiſſance qu'on a de la force des pierres qu'on employe plus ou moins ſolides & dures, font que la hauteur *B E*. peut eſtre plus ou moins grande. Et en cela nous n'avons encore trouvé aucune Regle dans les Méchaniques qui puiſſe le déterminer, faute d'expériences. C'eſt à la prudence de l'habile Architecte à en décider; s'il réuſſit, tout le monde l'eſtime & l'admire; ſi ſon ouvrage écroule on le mépriſe & on en rit.

Voici cependant ſurquoi on pourroit tabler des Regles pour la force ou la conſiſtance des pierres, par

Digitized by Google

diverſes épreuves qu'on en pourroit faire. C'eſt la ſeule reſſource qui me reſte pour connoître au vray la conſiſtance de tous ces corps plus ou moins ſolides, qui different les uns des autres par rapport aux divers Climats & à la differente qualité des grains plus ou moins ſolides dont ils ſont compoſez, afin d'en diſpoſer pour ſoutenir l'effort des Platebandes, & des plus grandes Arches où on les employera. C'eſt qu'ayant calculé l'effort ou la peſanteur de tous les corps que les Clavaux dans les Platebandes, ou bien les Vouſſoirs dans les Arches & Arceaux, doivent ſupporter par rapport aux Projets auſquels on les employe; on peut en examiner leur effort & leur contiguité en prenant un échantillon d'un pouce cube de pierre en tout ſens, & en forme de Dez, qu'on veut employer à un Ouvrage qu'on ſe propoſe, & le chargeant d'une certaine quantité de poids juſqu'à ce qu'il écraſe ſous le tas de ſa charge, on puiſſe dreſſer une Regle de proportion; en ſorte que ſi le Dez en queſtion a ſupporté un fardeau de mille ou deux millions de fois, &c. plus grand que ſon volume, on ne prenne ſeulement que le quart de la reſiſtance à laquelle il aura eſté employé pour former les Projets des Ouvrages que l'on ſe ſera propoſé, ſoit pour les Piles des Ponts, qui doivent ſupporter les plus grands fardeaux, ſoit pour les Vouſſoirs dans les voutes & dans les Arches, qui ſont les parties de ces Ouvrages qui ſont les plus grands efforts, comme les Clavaux dans les Platebandes, ſoit pour ſupporter des Tours, des Clochers, &c. Les trois quarts de la reſiſtance de ces corps, je les compenſe avec la mal-façon de l'Ouvrier dans ces Ouvrages, & qu'il n'eſt pas permis à l'Homme de les unir ſi bien dans les lieux où il les employe, comme la Nature les avoit arrangez dans les bancs des Carrieres d'où on les tire. Les joints mal taillez remplis de mortier & de calles qui ne portent pas partout également, qui cedent ſous le poids de la charge, ſont cauſe

que

que les Bâtimens éclatent chaque jour par la difference de leur liaiſon, qui portent plus ſolidement en un endroit qu'en un autre, qui faſſent & forment des lezardes tres deſagreables & tres nuiſibles à l'Ouvrage.

Les Clavaux entre *B.* & *C.* de la Platebande, Planche 2, Figure 4, ſont faits à redans, qu'on diſpoſe encore d'autre maniere. Il y en a qui les eſtiment mieux ainſi que tout unis, comme ſont ceux qui ſont entre *B.* & *A*, autre façon qui dépend encore du génie de l'Architecte, pour leſquels il y a divers ſentimens. Plus il y a de la façon dans la coupe, diſent les uns, plus il y a de la difficulté, & par conſequent ſujets à plus de défectuoſité. Et plus les choſes ſont ſimples & unies, & ſans compoſition, plus elles ont de la reſiſtance, & ſont taillées plus juſtes, comme ſont les Clavaux entre *A* & *B*, ſans retour.

Ce que je propoſe ici pour connoiſtre l'effort que peuvent faire les materiaux plus ou moins ſolides à ſupporter plus ou moins les plus grands poids dont on les chargera, a le même rapport à ce que Meſſieurs de l'Academie Royale des Sciences racontent de la corde tortillée, compoſée de 20 brins ou de 20 fils. Chacun de ſes fils eſtant ſeparez portent une livre ſans rompre; mais ces fils joints enſemble & entortillez, reduits en corde, ne ſçauroient ſupporter les vingt livres. La corde rompt au poids de 16 à 18 livres. C'eſt qu'il n'eſt pas poſſible que l'Art ajuſte ſi bien tous les 20 fils enſemble en les entortillant, pour qu'ils puiſſent porter également chacun ſon poids d'une livre. De ſorte que les uns en portant plus, & les autres moins, la proportion entre tous n'eſtant pas égale, il faut que le tout ſoit inégal, & ne puiſſe pas porter les 20 livres peſans en queſtion. De même auſſi un Dez de pierre d'un pouce cube ſupportant un cent peſant, dix autres Dez ſemblables joints enſemble ne ſupporteront pas un millier peſant, parce que le corps d'un millier dont on les chargera, ne portera pas par-

tout également ſur tous les dix Dez, & ainſi les uns eſtant plus chargez que les autres, les premiers écraſeront ſous le tas, & les autres de ſuite ; ce qui eſt la cauſe des éclats des pierres des Vouſſoirs, & de tous autres corps qui ne ſont pas chargez partout également ſur les Plans de leurs ſuperficies, ou de leurs lits.

CHAPITRE III.

Quelle doit eſtre la largeur des Piles, par rapport à l'ouverture des Arches & Arceaux ; & des poids dont on les charge.

LA largeur des Piles doit eſtre déterminée préciſément à la naiſſance des Arches. Perſonne n'a donné encore aucune Regle certaine là-deſſus. Je vais rapporter ce que les plus habiles Architectes nous ont dit ſur ce fait.

Leon Baptiſte Albert veut que les Piles à un Pont, doivent eſtre pareilles en nombre & en grandeur. Leur largeur doit eſtre le tiers de celle de l'ouverture de l'Arche.

Palladio dit que les Piles doivent eſtre en nombre pair, afin qu'il y ait une Arche au milieu, où eſt ordinairement le plus grand courant de l'eau. les Piles ne doivent pas avoir moins en groſſeur d'une ſixiéme partie, ni ordinairement plus d'un quart de la largeur de l'Arche. Aprés cela Palladio rapporte quelques exemples des Ponts antiques, & dit que celles du Pont antique de Rimini ſont de onze pieds, & les Arches de 25 d'ouverture, qu'au Pont qui eſt ſur la Bachiglione, qui eſt auſſi antique, les Piles ont cinq pieds, & les Arches 30 d'ouverture. Le Pont ſur la Rerone a les Piles auſſi de cinq pieds qui ſupportent une Arche de 29 pieds d'ouverture.

Digitized by Google

Palladio donne enſuite un Projet de Pont, où il a fait les Piles de deux toiſes de large, qui doivent ſupporter une Arche de dix toiſes d'ouverture.

Serlio dit que les Piles du Pont Sixte à Rome ont le tiers de la largeur des grandes Arches. Que les Piles du Pont Saint-Ange, autrefois Pont Adrien, ſont de la moitié de la largeur de la grande Arche qui eſt à plein ceintre. Qu'au Pont de Quatro-Capi, Tarpejus, ou anciennement Fabricius, les Piles ſont auſſi de la moitié de la largeur des Arches à plein ceintre: Et enfin qu'au Pont Milvius, à preſent Ponte-Mole, les Piles y ſont auſſi de la moitié de la largeur des Arches.

M. Blondel fait les Piles de ſon Pont de Xaintes comme 3 à 8, par rapport à l'ouverture des Arches.

Les Piles du Pont antique du Gard ont deux toiſes de large, elles ſupportent trois Arcades, dont les deux d'en bas ſont de 16 toiſes d'ouverture ſur une hauteur de prés de 25 toiſes, qui eſt un poids immenſe ſur un ſi petit eſpace de deux toiſes. On aſſure que les Tours de Nôtre-Dame de Paris n'ont que 32 toiſes de hauteur, ſi cela eſt elles ne ſeroient élevées audeſſus du Pont du Gard que d'environ ſept toiſes.

Les Piles du Pont-Neuf à Paris n'ont que 15 pieds de large, ou environ pour la maîtreſſe Arche.

Celles du Pont Royal des Thuilleries n'ont que deux toiſes un pied ſix pouces ou environ, & ſupportent une Arche de 12 toiſes d'ouverture dans celle du milieu.

Celles du Pont-Neuf de Toulouſe ont quatre toiſes de large ou environ, & ſupportent des Arches de 15 à 16 toiſes d'ouverture, ou environ.

Tant de varieté dans tous ces ouvrages, nous doivent faire penſer que leurs Auteurs n'ont encore obſervé aucune Regle generale ni certaine, qui ſoit fondée ſur des principes démontrez pour établir les Piles des Ponts. Cependant on peut tirer de tous des modeles pour nous ſervir dans l'occaſion; & il n'y a pas de doute que les ha-

Digitized by Google

biles Architectes qui ont conduit tous ces Ouvrages, n'ayent raisonné dans tous les Projets des Piles avant leurs constructions. Et pour déterminer enfin la difficulté, & la réduire, on doit raisonnablement le penser ainsi en leur faveur. Je ne doute nullement qu'une Pile de deux toises de large toute construite de gros blots de pierre de taille, comme est celle du Pont antique du Gard, qui porte plus de poids qu'aucun autre qui soit peutestre dans l'Univers, ne suffise pour supporter plûtost l'effort d'une Arche de 20 toises d'ouverture, que ne fera une autre Pile de quatre toises de large une Arche de 10, & qui ne sera construite que de pierre de taille pour parement, & le dedans du corps de l'Ouvrage de simple limosinage, ou de moilons, celle-ci effondrera plûtost que la premiere, elle tassera sous la pesanteur de la charge, & la derniere sera inébranlable. C'est sur ces principes, & sur l'emploi des materiaux plus ou moins solides, & differemment arrangez, qu'on doit faire attention, & déterminer plus ou moins grande la largeur des Piles dans toutes sortes de Ponts.

Les mêmes materiaux employez en differens Pays, qui ont de consistance les uns plus que les autres, dont on s'est servi pour bâtir des Portes de Villes, des Fortifications, des Tours, des Clochers, des Ponts, des Eglises, &c. peuvent estre examinez afin d'en tirer l'avantage qu'on souhaite pour projetter un Pont plus ou moins grand dans ces lieux. Et quoique par tous ces exemples je me sois fait une Regle pour déterminer les Piles dans toutes sortes de Ponts suivant la Table ci-aprés, qui est un cinquiéme dans une Arche de dix toises d'ouverture; on pourra donner plus ou moins de largeur aux Piles par rapport à la solidité plus ou moins forte des materiaux qu'on y employera. Avec cette remarque que si le Lit de la Riviere est fort spacieux, on peut leur donner davantage de largeur, parce qu'on ne craint pas alors de resserrer les eaux dans le temps des inondations,

Digitized by Google

& au contraire dans les Lits de Rivieres qui ſont trop reſſerrées & encaiſſées, il eſt tres important de ne donner aux Piles des Ponts qu'on y conſtruit que le moins de largeur qui ſe pourra, pour pouvoir ſupporter ſans crainte la charge des Arches : Surtout quand on y eſt ainſi contraint par la diſpoſition peu favorable des lieux.

Pour conſtruire la Table que je donne ci-après, j'ay obſervé cette proportion d'un cinquiéme de largeur aux Piles par rapport à l'ouverture des Arches, depuis celles de 20 pieds d'ouverture audeſſus, & de celles qui ſont audeſſous juſqu'à un Arceau de trois pieds d'ouverture, & même d'un pied. On trouve dans la Table que la Pile doit avoir un pied dix pouces de large pour celui de trois pieds, & un pied ſix pouces pour celui d'un pied d'ouverture qu'on peut pratiquer pour quelque égoût, ou pour quelque conduite d'eau peu conſiderable, leſquelles Piles on peut faire toutes de pierre de taille, quand par la mauvaiſe ſituation du lieu on y ſera obligé. Et tout cela eſt proportionné non ſeulement à la maſſe de maçonnerie que doivent ſupporter les Piles, mais encore aux voitures qui doivent y paſſer deſſus.

Comme on ne peut connoiſtre la ſolidité des materiaux qu'en en faiſant des épreuves, afin de ſçavoir juſqu'où peut aller leur effort & la peſanteur dont on les chargera, on en pourra faire des experiences comme on a rapporté au Chapitre precedent, ſur leſquelles on tablera, puiſqu'il n'y a aucune regle qui détermine au juſte la largeur des Piles plûtoſt d'une maniere que d'une autre. La Table que je donne de la largeur des Piles à toutes ſortes d'Arches juſqu'à celle de 20 toiſes d'ouverture, eſt proportionnée autant qu'il m'a eſté poſſible ſur tout ce qui a eſté fait juſqu'ici, que j'ay trouvé propre à faire des obſervations ſur cette matiere.

CHAPITRE IV.

Quelle doit eſtre la portée des Vouſſoirs depuis leur intradoſſe à leur extradoſſe, à toute ſorte de grandeur d'Arche & d'Arceau à l'endroit de la Clef.

VOICI ce que rapportent les plus habiles Architectes qui ont écrit ſur cette matiere.

M. Blondel prétend que l'on n'a pas à Paris de la pierre auſſi ſolide comme les Romains ont en Italie pour bâtir des Ponts. Que c'eſt pour ſuppléer à ce défaut qu'on a fait aux Pont-Neuf & des Thuilleries des Vouſſoirs ſans fin & rallongez, & même encore aſſurez par des retours & des aſſiſes à croſſettes pour faire infiniment plus de liaiſon & de retenuë: Au lieu que dans les Ponts antiques extradoſſez on voit une hardieſſe qu'on ne trouve pas dans ceux des Modernes, qui ont beaucoup plus d'épaiſſeur dans les Arches à l'endroit de la Clef.

Le Pont de Toulouſe peut eſtre mis ſans difficulté en parallele avec les plus beaux Ponts de l'Europe. Il n'eſt cependant bâti que de briques. Seulement aux angles, aux têtes des Arches, & à quelques chaînes dans l'intradoſſe on y a employé des pierres de taille qui ne ſont certainement que la principale partie de ſes ornemens; & l'on peut dire que quoique les Arches qui ont environ 16 & tant de toiſes d'ouverture, ne ſont faites cependant qu'avec de la brique, aſſiſes en coupe ſuivant la portée que pourroient faire des Vouſſoirs, ou pendans. De maniere que cette diſpoſition ainſi bien établie, jointe au bon mortier qu'on y a employé, & qui en fait la liaiſon, forme un Ouvrage qui reſſemble eſtre tout d'une piece, quoique compoſé de fort petits materiaux. C'eſt pourquoi l'arrangement joint à la ſolidité de ces mêmes materiaux, en fait toute la bonté.

Digitized by Google

Leon Baptiſte Albert dit que la hauteur du bandeau des Arches dans les Ponts conſiderables, qui eſt ce que nous appellons les Vouſſoirs ou leur portée depuis l'intradoſſe à leur extradoſſe, quand on les détermine ainſi dans des Arches extradoſſées, ne doit jamais eſtre moindre d'un quinziéme de la largeur de l'ouverture des Arches qu'elles forment. C'eſt ſur cela que j'ay établi la colomne des Vouſſoirs dans la Table, en ſuppoſant la maçonnerie toute faite avec de gros blots de pierre de taille tres dure. Et c'eſt ſur ces mêmes principes que les Vouſſoirs du Pont antique du Gard ſont faits. Cependant je ne laiſſe pas par une autre colomne de déterminer les mêmes Vouſſoirs lorſqu'on n'a que des Pierres tendres ou molles à employer.

Palladio dit en fait des Vouſſoirs que les Arcs des Ponts doivent eſtre faits de pierres fort longues & bien jointes; ainſi il ne détermine pas leur longueur parlant du Pont de Rimini, dont les Arches ſont à plein ceintre, les Vouſſoirs ou le bandeau à un dixiéme de l'ouverture des Arches qui ont 25 pieds de diametre.

Dans celui de la Bachiglione dont les Arches ſont ſurbaiſſées, celle du milieu de 30 pieds d'ouverture, la hauteur de ſon bandeau eſt d'un douziéme de ſon diametre, & l'eſpace audeſſus de la Clef de la grande Arche, qui eſt entre le bandeau & la corniche, eſt égale à la moitié du bandeau.

Dans le Pont antique de la Rerone, comme les deux qui precedent ſur une Arche de 29 pieds d'ouverture, le bandeau a la même proportion que le precedent.

Dans un deſſein particulier que donne Palladio d'un tres beau Pont qu'il a projetté, dont la grande Arche a 10 toiſes de diametre ſurbaiſſée, ne fait le bandeau ou la longueur des Vouſſoirs que d'un dixſeptiéme de la largeur de la grande Arche, & un quatorziéme de celles des petites qui ſont de huit toiſes d'ouverture.

Voici ce que nous rapporte Serlio; dans le Pont Pa-

latin à Rome, anciennement Senatorius, il a remarqué que le bandeau de l'Arc dans sa plus grande hauteur est un douziéme de la largeur de l'Arche.

Qu'au Pont de Quatro-Capi anciennement Fabricius, dont il ne reste que deux Arches antiques, le bandeau des Arcs qui est de façon rustique, & dont un Voussoir est plus allongé l'un que l'autre alternativement, celui qui a plus de portée est d'un dixiéme de la largeur de l'Arche.

Le Pont Milvius a son bandeau en saillie en forme de plinte toute unie, & dont la hauteur est un dixiéme du diametre de l'Arche. C'est là tout ce que nous ont laissé les plus habiles Architectes en fait de proportions des Voussoirs.

Table de proportion de toutes les parties principales des Ponts & Ponteeaux à plein ceintre, depuis un Arceau d'un pied d'ouverture, jusqu'à une Arche de 20 toises ou de 120 pieds, de leurs differentes Culées, de leurs Piles, & des Voussoirs.

Ouverture des Arches.	Culées.	Piles.	Voussoirs de pierres dures.	Voussoirs depierres tendres.
Pieds.	Pié. Pou. Li.	Pié Pou. Li.	Pié. Pou. Li.	Pié. Pou. Li.
1	2....6....6..	1....6....0.	1....0....6.	1....6....0.
2	2....9....0..	1....8....0.	1....1....0.	1....7....2.
3	2....11..6..	1....10..0.	1....1....6.	1....8....4.
4	3....2....0..	2....0....0.	1....2....0.	1....9....6.
5	3....4....6..	2....2....0.	1....2....6.	1....10..8.
6	3....7....0..	2....4....0.	1....3....0.	2....0....0.
7	3....9....6..	2....6....0.	1....3....6.	2....0....8.
8	4....0....0..	2....8....0.	1....4....0.	2....1....6.
9	4....2....6..	2....10..0.	1....4....6.	2....2....3.
10	4....5....0..	3....0....0.	1....5....0.	2....3....0.

Digitized by Google

Ouverture des Arches.	Culées.	Piles.	Voussoirs de pierres dures.	Voussoirs depierres tendres.
Pieds.	Pié.Pou.Li.	Pié.Pou.Li.	Pié.Pou.Li.	Pié.Pou.Li.
11	4....6....9..	3....1....3..	1....5....6..	2....4....0.
12	4....8....6..	3....2....6..	1....6....0..	2....4....6.
13	4....9....9..	3....3....9..	1....6....6..	2....5....0.
14	5....0....0..	3....5....0..	1....7....0..	2....6....0.
15	5....1....9..	3....6....3..	1....7....6..	2....6....9.
16	5....3....6..	3....7....6..	1....8....0..	2....7....0.
17	5....5....3..	3....8....9..	1....8....6..	2....8....0.
18	5....6....0..	3....9....0..	1....9....0..	2....9....0.
19	5....7....9..	3....10..3..	1....9....6..	2....9....3.
20	5....10..0..	4....0....0..	1....10..0..	2....9....6.
21	6....0..11..	4....2....5..	1....10..6..	2....9....9.
22	6....4....0..	4....5....0..	1....11..0..	2....10..0.
23	6....6....6..	4....7....0..	1....11..6..	2....10..3.
24	6....9....7..	4....9....7..	2....0....0..	2....10..6.
25	7....0....6..	5....0....0..	2....0....6..	2....10..9.
26	7....3....5..	5....2....5..	2....1....0..	2....11..0.
27	7....6....6..	5....5....0..	2....1....6..	2....11..3.
28	7....9....0..	5....7....0..	2....2....0..	2....11..6.
29	7....11..7..	5....4....7..	2....2....6..	2....11..9.
30	8....3....0..	6....0....0..	2....3....0..	3....0....0.
31	8....5..11..	6....2....5..	2....3....6..	3....0..10.
32	8....9....0..	6....5....0..	2....4....0..	3....1....8.
33	8....11..0..	6....7....0..	2....4....6..	3....2....6.
34	9....2....7..	6....9....7..	2....5....0..	3....3....0.
35	9....5....6..	7....0....0..	2....5....6..	3....3..10.
36	9....6....6..	7....2....6..	2....4....0..	3....4....0.
37	9....9....6..	7....5....0..	2....4....6..	3....4....6.
38	10..0....0..	7....7....0..	2....5....0..	3....5....0.
39	10..3....1..	7....9....7..	2....5....6..	3....5....6.
40	10..8....0..	8....0....0..	2....8....0..	3....8....0.
41	10..11..3..	8....2....5..	2....8..10..	3....8..10.

Digitized by Google

Ouverture des Arches.	Culées.	Piles.	Voussoirs de pierres dures.	Voussoirs depierres tendres.
Pieds.	Pié. Pou. Li.	Pié. Pou. Li.	Pié. Pou. Li.	Pié. Pou. Li.
42	11....2..8..	8.....5...0..	2...9...8.	3...9....8.
43	11....5..6..	8.....7...0..	2...10.6.	3..10...6.
44	11....8.11.	8.....9...7..	2...11.4.	3..11..4.
45	11....0..0..	9.....0...0..	3...0...0.	4...0...0.
46	12....3..3..	9.....2...5..	3...0.10.	4...0..10.
47	12....6..8..	9.... 5...0..	3...1...8.	4...1...8.
48	12....10.0.	9.....7...0..	3...2...6.	4...2...6.
49	13....0.11.	9.....9...7..	3...3...4.	4...3...0.
50	13....4..0..	10...0...0..	3...4...0.	4..3..10.
51	13....7..3..	10...2...5..	3...4.10.	4...4...8.
52	13....10.8.	10...5...0..	3...5...8.	4...5...6.
53	14....1..6..	10...7...0..	3...6...6.	4...6...4.
54	14....4.11.	10...9...7..	3...7...4.	4...7...2.
55	14....8..0..	11...0.. 0..	3...8...0.	4...8...0.
56	14....11.3.	11...2...5..	3...8.10.	4...8..10.
57	15....2..8..	11...5...0..	3...9...8.	4...9...7.
58	15....5..6..	11...7...0..	3..10..6.	4...10.3.
59	15....8..11	11...9...7..	3..11..4.	4...11.2.
60	16....0..0..	12...0...0..	4...0...0.	5...0...0.
61	16....3..3..	12...2...5..	4...0.10.	5...0..10.
62	16....6..8..	12...5...0..	4...1...8.	5...1...8.
63	16....9..6..	12...7...0..	4...2...6.	5...2...6.
64	17....0.11.	12...9...7..	4...3...4.	5...3...0.
65	17....4..0..	13...0...0..	4...4...0.	5...3..10
66	17....7..3..	13...2...5..	4...4.10.	5...4...8.
67	17....10.8.	13...5...0..	4...5...8.	5...5...6.
68	18....1..6..	13...7...0..	4...6...6.	5...6...4.
69	18...3.11..	13... 9...7..	4...5...4.	5...7...2.
70	18...6...0..	14...0...0..	4...6...0.	5...8...0.
71	18..11.3..	14...2...5..	4...8.10.	5...8..10
72	19...3...8..	14...5...0..	4...9...8.	5...9...7.

Digitized by Google

Ouverture des Arches.	Culées.	Piles.	Vouſſoirs de pierres dures.	Vouſſoirs depierres tendres.
Pieds.	Pié.Pou.Li.	Pié.Pou.Li.	Pié.Pou.Li.	Pié.Pou.Li.
73	19...5...6.	14...7..0.	4...10..6.	5....10....3.
74	19..8..11.	14...9..7.	4..11...4.	5....11....2.
75	20..0..0..	15...0..0.	5...0..0..	6....0....0..
76	20..3..3..	15...2...5.	5...0..10	6....0....10.
77	20..6..8..	15...5...0.	5...1...8.	6....1....8..
78	20..9..6..	15...7...0.	5...2...6.	6....2....6..
79	21..0..11.	15...9...7.	5...3...4.	6....3....0..
80	21..4...0.	16..0...0.	5...4...0.	6....3...10..
81	21..7..3.	16...2...5.	5...4.10.	6....4....8..
82	21..10..8.	16...5...0.	5...5...8.	6....5....6..
83	22..1...6.	16...7...0.	5...6...6.	6....6....4..
84	22..4.11.	16...9...7.	5...7...4.	6....7....2..
85	22..8...0.	17...0...0.	5...8...0.	6....8....0..
86	22..11.3.	17...2...5.	5...8.10.	6....8..10.
87	23..2...8.	17...5...0.	5...9...8.	6....9....7..
88	23..5...0.	17...7...0.	5..10..6.	6....10....3.
89	23..8..11.	17...9...7.	5..11...4.	6....11....2.
90	24..0...0.	18...0...0..	6...0...0.	7....0.. ..0.
91	24..3...3.	18...2...5.	6...0..10.	7....0...10.
92	24..6...8.	18...5...0.	6...1...8.	7....1....8..
93	24..9...6.	18...7...0.	6...2...6.	7....2....6..
94	25..0..11.	18...9...7.	6...3...4.	7....3....0..
95	25..4..0.	19...0...0.	6...4...0.	7....3...10.
96	25..7..3.	19...2...5.	6...4..10.	6....4....8..
97	25..10.8.	19...5...0.	6...5...8.	7....5....6..
98	26..1...6.	19...7...0.	6...6...6.	7....6....4..
99	26..4.11.	19...9...7.	6...7...4.	7....7....2..
100	26..8...0.	20...0...0.	6...8...0.	7....8....0..
101	26..11..3.	20..2...5.	6...8.10.	7....8...10.
102	27..2...8.	20...5...0.	6...9...8.	7....9....7..
103	27..5...6.	20..7...0.	6...10.6.	7....10..3..

Digitized by Google

Ouverture des Arches.	Culées.		Piles.		Voussoirs de pierre dures.		Voussoirs depierres tendres.	
Pieds.	Pié.	Pou. Li.	Pié.	Pou. Li.	Pié.	Pou. Li.	Pié.	Pou. Li.
104	27	8 11.	20	9 7.	6	11 4	7	11 2
105	28	0 0.	21	0 0.	7	0 0	8	0 0
106	28	3 3.	21	2 5.	7	0 10	8	0 10.
107	28	6 8.	21	5 0.	7	1 8	8	1 8
108	28	9 6.	21	7 0.	7	2 6	8	2 6
109	29	0 11.	21	9 7.	7	3 4	8	3 0
110	29	4 0.	22	0 0.	7	4 0	8	3 10.
111	29	7 3.	22	2 5.	7	4 10	8	4 8
112	29	10 8.	22	5 0.	7	5 8	8	5 6
113	30	1 6.	22	7 0.	7	6 6	8	6 4
114	30	4 11.	22	9 7.	7	7 4	8	7 2
115	30	8 0.	23	0 0.	7	8 0	8	8 0
116	30	11 8.	23	2 5.	7	8 10	8	8 10.
117	31	2 8.	23	5 0.	7	9 8	8	9 7
118	31	5 6.	23	7 0.	7	10 6	8	10 3
119	31	8 11.	23	9 7.	7	11 4	8	11 2
120	32	0 0.	24	0 0.	8	0 0	9	0 0

Cette Table resout la question du present Chapitre, & fait voir la longueur des Voussoirs depuis leur intradosse à leur extradosse sur une proportion qu'on a tirée des Auteurs, & des Ouvrages antiques, que l'on ne peut réduire dans des justes Regles de Geometrie pour la démontrer, & que l'on n'a tablé que sur l'experience de la solidité des pierres plus ou moins dures ou compactes sur lesquelles roule toute la Question. Ainsi la Physique y a plus de part que la Méchanique, ni que les Démonstrations geometriques.

EXPERIENCE.

Pour estre plus sûr de toutes ces idées que je viens de

donner au ſujet de la Pouſſée des Arches, des voutes, & de la portée des Vouſſoirs, j'ay voulu me convaincre par une experience.

J'ay ſuppoſé en petit une demi-Arche de dix certaines meſures de diametre, & à plein ceintre ſuivant la Table ci-devant. J'ay compoſé les Vouſſoirs extradoſſez au nombre de neuf dans la demi Arche en queſtion. Voyez la Figure cinquiéme *A B, C D*, Planche deuxiéme que j'ay fait faire en bois, & que j'ay appuyée contre un mur en *A B E*, comme contre une Clef inébranlable, ſurtout aprés avoir établi auparavant le demi ceintre *B C E*, que j'ay rempli de pluſieurs corps pour en former l'Epure.

J'ay enſuite poſé ſur ce demi ceintre *B C*, les neuf Vouſſoirs *C B*, cela eſtant fait j'ay chargé leur extradoſſe d'autres pieces de bois de pareil volume, & de pareille matiere à celles des Vouſſoirs, & par conſequent d'un poids égal & uniforme. J'en ay rangé neuf les uns ſur les autres ſuivant la diſpoſition de la même Figure en *F G*, & derriere ceux-ci j'ay encore rangé les quatre aprés *H I*, aprés quoy j'ay déceintré la demi-Arche *E B C*, & elle a reſté dans la ſituation qu'on la voit dans la figure ſans s'ébranler. J'ay enſuite ôté les pieces de bois qui forment la Culée & qui aſſurent les reins de la demi-Arche en commençant par le haut, l'une aprés l'autre ſuivant les nombres 9, 8, 7, 6, 5, 13, 4, 12, & 3, en ſorte que ne m'en reſtant plus que les quatre audeſſous nombre 1, 2, 10 & 11, la demi-Arche a reſté ainſi en l'air ſans tomber; mais d'abord que j'ay voulu ôter la onziéme, pour lors les Vouſſoirs ont écroulé.

Cette experience m'a fait connoiſtre, 1°, Que le garni de maçonnerie dont on charge les reins des voutes ou leur retombée, leur ſert d'appui, & que c'eſt là leur plus grande Pouſſée pour tenir en raiſon & en équilibre tous les Vouſſoirs, afin qu'ils ne s'écartent pas de la ligne courbe qui forme leur ceintre.

Digitized by Google

2°, Cette experience ayant esté faite avec des materiaux de bois, & par consequent fort legers, sans rien qui liât leurs joints, ils n'ont pas laissé que de se soutenir seuls par le moyen de leur coupe, dont j'avois tracé le panneau au Menuisier pour s'y conformer.

3°, Cette experience me confirme que plusieurs Ponts des Anciens que j'ay vû, ayant esté faits avec des Voussoirs extradossez sans mortier & sans ciment dans leurs joints, & sans crampons; quant à leur imitation on les poseroit de même, & qu'on y couleroit ensuite à leur entre-deux par le moyen de differens abreuvoirs, de ciment ou de mortier fin fait avec de la recoupe des pierres bien battuës & mises en poudre, si elles estoient propres, on feroit des Ouvrages infiniment plus solides, qui ne tasseroient pas sur des couches de mortier qui cedent aux poids immenses des pierres dont on les charge, de même que les calles, les coins de bois & autres vilaines choses dont on garnit les lits aux extradosses des Voussoirs de fausse coupe, & en en faisant mettre d'autres à la place qui suivent au juste le trait de l'Epure & de la coupe, & portent également partout sur leurs lits. C'est ce qui prouve combien est dangereuse la négligence de ceux qui entreprennent ces Ouvrages, & qui les construisent avec ces mal-façons qu'on ne reconnoist pas dans les Antiques.

4°, Et enfin dans la presente Figure ayant élevé du point de la naissance du demi ceintre l'essieu *C K*, j'ay trouvé que les Voussoirs *B C*, dans tout ce qui les partage par la ligne *C K*, qui en doit faire l'équilibre, ils n'ont écroulé que lorsque j'ay rendu la partie de la Culée *C H*, moins pesante que la partie de la demi-Arche *C B*, qui porte à faux dans les Voussoirs, ce qui confirme ce que j'ay avancé ci-devant dans les preuves que j'en ay données, en sorte que les Voussoirs avec les materiaux dont on les charge doivent estre en équilibre avec la Culée qu'on y oppose pour leur resister, autre-

Digitized by Google

ment il faut que l'Ouvrage écroule. La Table a esté composée à ces fins pour éviter les Operations de Geometrie à ceux qui ne les sçavent pas.

CHAPITRE V.

Quelle est de toutes les Arches & Arceaux fixez sur un même diametre qui pourra porter des plus grands fardeaux, & à quelle proportion les uns & les autres détermineront au juste leurs efforts, ou celles de l'ellipse à quelque surbaissement qu'on veuille la réduire ou celle à plein ceintre, ou enfin celle à Tiers-point, ou Gothique.

SI l'on veut faire attention à ce que j'ay rapporté dans le Chapitre deuxiéme, on conviendra aisément que les Poussées de toutes les Arches à divers surbaissemens, sont aux poids dont on les charge comme leurs differentes inclinaisons aux largeurs des Culées qu'on y oppose pour leur resister, on trouvera que celles qui ont leurs Poussées moins inclinées seront capables de supporter des plus grands fardeaux, plus que celles qui approchent le plus de la Platebande, qui est celle de toutes les Figures la plus forcée & la plus rampante, ou plûtost de niveau.

Supposons la Platebande *C A*, Figure quatriéme, Planche deuxiéme, estre une poutre transportée en *AC*, Figure neuviéme, il est certain que dans cette disposition si on la charge d'un poids de 100 livres pesant, & qu'elle vienne à casser si on l'éleve à plomb en *AB*, elle portera sans rompre non seulement les 100 livres pesant, mais encore tout autre poids infiniment audelà.

Je suppose ici que c'est le double, c'est à dire 200, pour lors si je prends la difference de ces deux Poussées qui

eſt 150, je trouverai que la poutre élevée de 45 degrez en *A D*, ſupportera cette charge pour former une Arche à plein ceintre. Que ſi on l'abaiſſe juſqu'en *A F*, pour former une ellipſe, on trouvera que ſi on prend la moyenne puiſſance entre le plein ceintre *A D*, & la Platebande *A C*, qui eſt *A F*, l'ellipſe *A F*, ne pourra porter que la charge de 125, & par la même proportion l'élevation de l'Arche Gothique *A E*, ſera déterminée par la puiſſance moyenne de *A D*, Arche à plein ceintre de 150, & de *A B*, 200, qui donnera 175 degrez de force; & ainſi de toutes les autres portées des Arches, à quelques ſurbaiſſemens qu'on les détermine, ſeront capables de ſupporter des plus grands fardeaux plus on les élevera. Au contraire plus leur plan d'inclinaiſon approchera de la Platebande, moins ils ſeront capables d'eſtre chargez, ce qu'on peut déterminer juſqu'à la moindre préciſion, quand une fois on ſera convenu qu'une poutre ainſi couchée en Platebande *A C*, & élevée à plomb *A B*, ſera capable de ſupporter telle charge qu'on aura determinée par une experience ou autrement.

Par cette Démonſtration on conclud facilement que l'Arche Gothique eſt celle qui eſt capable de ſupporter des fardeaux plus peſans que celle à plein ceintre, celle-ci plus que l'ellipſe, & enfin cette derniere plus que la Platebande.

Cette Figure neuviéme, Planche deuxiéme, m'a ſervi à faire une experience pour meſurer la peſanteur de toutes ſortes de corps differemment inclinez, comme on le peut voir dans le Paragraphe ſuivant.

PARAGRAPHE.

De la peſanteur des Corps differemment inclinez, & la maniere de la calculer.

Un corps *A B*, Planche deuxiéme, Figure neuviéme, également uni dans ſa longueur & dans ſa largeur, & partout

partout d'une égale groſſeur, ſoit rond ou quarré, comme paſſé dans une filiere, a peſé 100 parties égales ſur l'appui *A*, ou ſur luy-même, & poſé en *A B*, verticalement.

Mais lorſque ce même corps *A B*, a eſté poſé orizontalement ou de niveau, & ſoutenu par deux appuis *A* & *C*, également éloignez du milieu, & des extremitez, il n'a peſé ſur le premier appui *A*, que 50 parties à cauſe qu'il a porté autant ſur *C* que ſur *A*, & partant le nombre de 100 ayant eſté partagé par des appuis égaux *A* & *C*, qui en ont porté chacun 50 joints enſemble, ont porté le tout qui eſt 100.

Lorſque j'ay fait prendre une autre diſpoſition à ce corps *A C*, & que j'ay voulu l'élever ſur un angle de 45 degrez en *A D*, j'ay trouvé que peſant en total 100 parties, il n'a peſé ſur l'appui *D* que 25 parties, & partant il a dû peſer ſur l'appui *A* 75 parties, qui jointes avec les 25 font enſemble le nombre de 100 qu'il falloit trouver.

J'ay de plus fait deux autres experiences en diſpoſant le corps *A D*, élevé de 45 degrez, de deux autres manieres differentes en *E* & en *F*, & ayant trouvé qu'élevé de 67 degrez & demi en *E*, il n'a peſé que 12 & demi au point *E*, & élevé en *F* de 22 & demi, il a peſé 37 & demi au point *F*, j'ay conclu que *E A*, élevé de 67 degrez & demi peſant 12 & demi parties en *E*, le corps *A E*, devoit peſer ſur ſon appui *A* 87 & demi, & en *F* peſant 37 & demi, il devoit peſer ſur ſon appui *A*, 62 parties & demi; & ainſi à proportion en ſous-diviſant les parties *B E*, *E D*, *D F*, & *F C*. Ce qui m'a ſervi à dreſſer une Table qui fait voir que le corps *A B*, peſe d'autant plus ſur ſon appui *A*, plus on l'éleve audeſſus de ſon niveau *A C*, en *F* ou vers *D*, &c. Et au contraire l'appui *A* ſe trouve d'autant moins chargé, plus le même corps *A B*, quitte ſon applomb & s'incline ou s'abaiſſe vers *E D F*, & juſqu'à *C*, & ainſi de même audeſſous de ſon niveau *A C*, par une diſpoſition toute

contraire, mais cependant toujours avec la même égalité de raiſon.

J'ay ſuppoſé pour cet effet que le corps *A B*, qui eſt parfaitement égal dans toutes ſes parties, & uniforme dans toutes ſes dimenſions, peſoit 100 parties égales, & qu'il avoit auſſi en longueur 100 parties égales.

Sur ce fondement je n'ay plus trouvé de difficulté pour ſçavoir l'effort & la puiſſance de quelques corps que ce ſoit, incliné plus ou moins en droite ligne ou courbe; car reduiſant les courbes en lignes droites, ou bien ſuppoſant les courbes ſupportées également à leurs extremitez par leurs cordes, & comparant les cordes les unes avec les autres, je réſous l'effort & la peſanteur de toutes les voutes, Arches & Arceaux des Ponts de quelques Figures regulieres & irregulieres dont on puiſſe les former, ſoit à plein ceintre, en parabole & elliptique, &c. comme je vais démontrer.

On fera auparavant attention à la Table ſuivante, dans laquelle on verra que la premiere colomne marque les degrez d'inclinaiſon qu'on trouvera aux corps dont on voudra ſupputer la peſanteur. On ſuppoſera encore au corps une certaine quantité de 100 livres peſant ou de tout autre nombre en peſanteur, par la meſure qu'on en aura faite d'une de ſes parties. On déterminera encore l'inclinaiſon du corps à tant de degrez.

Tout cela eſtant ſçû, pour en venir à la preuve, ſoit que ce ſoit une Arche ou tel autre corps incliné dont on veut ſçavoir la peſanteur, ou la preſſion à la Clef; ſuppoſons ici la moitié de l'Arche à plein ceintre, Planche premiere, Figure premiere, dont il importe de ſçavoir ſon effort à la Clef *E*, meſurez la peſanteur de la maçonnerie *E H A*, de la demie Arche, ſi on ſçait combien peſe un pied cube de la même maçonnerie, on ſçaura tout le reſtant. Suppoſons que le tout *E H A*, peſe 9750 livres, ce qui donnera pour la moitié du poids ci 4875 livres; mais la moitié de la demie Arche eſt inclinée de 45 de-

Digitized by Google

grez. Or ſi dans la Table, 50 dernier terme des colomnes donnent 25 de peſanteur pour 45 degrez d'inclinaiſon, combien donneront 4875 moitié de la peſanteur de tout le corps ou triangle *A H E*, on trouvera 2437 & demi. De ſorte que le corps *E H A*, peſant en total 9750, il peſera à la Clef incliné de 45 degrez 2437 & demi, & ayant diſtrait du total 9750, l'inclinaiſon 2437 & demi, on trouvera qu'il ne peſera à la naiſſance du ceintre pour ſa Pouſſée que 7312 & demi. C'eſt de cette maniere qu'on peut déterminer au vray juſqu'où les arcs-boutans qu'on poſe pour ſoutenir & appuyer des voutes des murs qui bouclent, &c. peuvent porter leurs efforts par leur ſeul appui de peſanteur.

On tire même des conſequences de cette Regle, que la Clef *E*, de l'Arche eſtant preſſée de 2437 & demi degrez de peſanteur d'un côté, & autant de l'autre, il faut que ſa ſolidité ſoit à l'épreuve du poids de 4874 degrez de peſanteur pour l'employer à un pareil uſage. C'eſt ainſi qu'on peut employer avec utilité cette Regle & cette Table dans toutes ſortes de corps, pour ſçavoir ce qu'on fait, & pour rendre raiſon d'une choſe qui n'avoit eſté pratiquée juſqu'aujourd'hui qu'en tâtonnant, & que des plus habiles que moy pourront encore mieux rediger, & mettre le tout en une meilleure forme, lorſque le corps incliné ne ſera pas ſurtout regulier, & qu'il peſera plus d'un bout que de l'autre.

Table de proportion des peſanteurs & des Pouſſées des corps reguliers à toutes ſortes d'inclinaiſons.

Nombre des quantitez qu'on voudra déterminer au corps incliné.

Deg. liv. onc.	Deg. liv. onc.	Deg. liv. onc.	Deg. liv. onc.
1--0--8-$\frac{8}{9}$	4--2----$\frac{2}{9}$	7---3----$\frac{8}{9}$	10--5----$\frac{5}{9}$
2---1----$\frac{1}{9}$	5---2----$\frac{7}{9}$	8---4----$\frac{4}{9}$	11--6----$\frac{1}{9}$
3---1----$\frac{6}{9}$	6---3----$\frac{1}{9}$	9---5----0	12--6---$\frac{6}{9}$

Deg. liv. onc.	Deg. liv. onc.	Deg. liv. onc.	Deg. liv. onc.
13--7--2/9	32--17--7/9	51--28--1/9	71--39--4/9
14--7--7/9	33--18--1/9	52--28--8/9	72--40--
15--8--3/9	34--18--8/9	53--29--4/9	73--40--5/9
16--8--8/9	35--19--4/9	54--30--	74--41--1/9
17--9--4/9	36--20--	55--30--5/9	75--41--6/9
18--10--	37--20--5/9	56--31--1/9	76--42--2/9
19--10--5/9	38--21--1/9	57--31--6/9	77--42--7/9
20--11--1/9	39--21--6/9	58--32--2/9	78--43--3/9
21--11--6/9	40--22--2/9	59--32--7/9	79--43--8/9
22--12--2/9	41--22--7/9	60--33--3/9	80--44--4/9
23--12--7/9	42--23--3/9	61--33--8/9	81--45--
24--13--3/9	43--23--8/9	62--34--4/9	82--45--5/9
25--13--8/9	44--24--4/9	63--35--	83--46--1/9
26--14--4/9	45--25--	64--35--5/9	84--46--6/9
27--15--	46--25--5/9	65--36--1/9	85--47--2/9
28--15--5/9	47--26--1/9	66--36--6/9	86--47--7/9
29--16--1/9	48--26--6/9	67--37--2/9	87--48--3/9
30--16--6/9	49--27--2/9	68--37--7/9	88--48--8/9
31--17--2/9	50--27--7/9	69--38--1/9	89--49--4/9
		70--38--8/9	90--50.

Digitized by Google

CHAPITRE VI.

Quel doit eſtre le Profil des murs de ſoutenement pour retenir les terres d'une terraſſe, d'un rempart &c. à quelque hauteur donnée que ce puiſſe eſtre.

Avis qu'on prétend eſtre de feu M. le Maréchal de Vauban, donné pour modele aux Ingenieurs qui ont ſervi de ſon temps & ſous ſa Direction.

1°, DAns le Pays où la Maçonnerie eſt fort bonne, on peut fixer l'épaiſſeur au ſommet à quatre pieds & demi, mais dans les lieux où elle ne le ſera pas il faudra l'augmenter juſqu'à cinq pieds ſix pouces, & même plus ſi elle eſt fort mauvaiſe. Voyez Planche troiſiéme, Figure premiere.

2°, Que les contreforts aux angles ſaillans doivent eſtre redoublez & ébraſez de part & d'autre, par rapport aux lignes droites qui forment ces angles. Idem dans la même Figure.

3°, Qu'ils ſeront toujours élevez à plomb à l'extremité, & par les côtez, & bien liez au corps de la muraille. Idem.

4°, Que les contreforts ſeront élevez auſſi haut que le cordon. Ils ſeroient encore meilleurs ſi on leur donnoit deux pieds de plus pour le ſoutient du parapet. Idem dans la même Figure.

5°, Que dans les Ouvrages où le revêtement n'eſt élevé qu'à moitié, ou aux trois quarts du rempart, & le ſurplus en gazon ou placage, il faudra regler ſon épaiſſeur comme s'il devoit eſtre élevé en maçonnerie juſqu'au ſommet du rempart. Par exemple, ſi on élevoit quinze pieds en gazon au deſſus du revêtement, il faudroit aug-

menter l'épaiſſeur au ſommet de trois pieds avec cinq qu'elle auroit déja, pour en avoir huit à la naiſſance du gazon. Voyez le Profil de la Figure deuxiéme *A I.*

6°, Qu'il faut augmenter la grandeur, & la ſolidité des contreforts à proportion de l'élevation du revêtement. Par exemple, ſi le revêtement a 35 pieds de haut, ſçavoir 20 en revêtement, & 15 en gazon, il faudra y faire les contreforts qui ont eſté reglez par le Profil de 35 pieds de haut, & que le revêtement ait la même épaiſſeur à 20 pieds de haut, comme s'il en avoit 35.

7°, Que dans les endroits où l'on fera des Cavaliers comme à Maubeuge, il faudra augmenter le ſommet du Profil d'un demi pied d'épais pour chaque cinq pieds que le Cavalier ſera élevé audeſſus du revêtement, & la ſolidité des contreforts à proportion, ce qui doit s'entendre du gros revêtement de la place, & non de ceux qu'on fait quelquefois aux Cavaliers, & ſeulement quand le pied du Cavalier approche de trois à quatre toiſes du parapet.

8°, Que ces deux dernieres colomnes portent en toiſes, pieds & pouces cubes, ce que chaque toiſe courante, [de tous ces differens Profils] en contient, reduction faite des contreforts. Voyez la Table ſuivante.

9°, Que ces Profils ne ſont propoſez que pour la maçonnerie qui doit ſoutenir des grands poids de terre nouvellement remuée, & non pas celle qu'on adoſſe contre la terre vierge qui ne l'a pas encore eſté, comme ſont la plûpart des revêtemens de foſſez.

Voyez la Planche troiſiéme, où la Figure premiere marque le Profil general de la maçonnerie accommodée aux differentes hauteurs des murs, & proportionnée aux poids des terres qu'ils auront à ſoutenir.

La Figure deuxiéme, Planche deuxiéme, repreſente le Profil qui ſert aux demi-revêtemens.

Et enfin, la Figure troiſiéme repreſente le plan pour les contreforts des angles ſaillans.

Digitized by Google

Table pour expliquer les meſures contenues au Profil general de la Maçonnerie, accommodée aux differentes hauteurs des murs proportionnez aux poids des terres qu'ils auront à ſoutenir, depuis dix juſqu'à 80 pieds de haut, experimentez ſur plus de 500000 toiſes cubes de Maçonnerie, bâties à 150 Places fortifiées ſous les ordres & ſous le Regne de LOUIS LE GRAND.

Voyez Planche III, Figure premiere.	Hauteur des Profils.	Epaiſſeur au Sommet.	Epaiſſeur ſur la Retraite.	Diſtance d'un milieu d'un Contrefort à l'autre.	Diſtance d'un Contrefort à l'autre.	Longueur des Contreforts.	Epaiſſeur des Contreforts en talus.	Epaiſſeur des Contreforts ſur la retraite.	Solide de la Maçonnerie, par toiſes courantes, non compris la fondation, les Contreforts eſtant de 18 en 18 pieds.	Solide de la Maçonnerie, par toiſes courantes, non compris la fondation, les Contreforts eſtant éloignez de 15 en 15 pieds.
	Pi.	Pi.	Pi.	Pi.	Pi.	Pi.	Pi	pi. po.	T. pi. po. li.	T. pi. po. li.
ABC	10	5	7	18	15	4	3	2 0	2 0 11 1	2 1 1 4
DEF	20	5	9	18	15	6	4	2 8	4 5 0 5	4 5 9 4
GHI	30	5	11	18	15	8	5	3 4	8 3 3 1	8 5 1 4
KLM	40	5	13	18	15	10	6	4 0	13 2 6 2	14 0 2 8
NOP	50	5	15	18	15	12	7	4 8	19 3 8 10	20 4 2 8
QRS	60	5	17	18	15	14	8	5 4	27 1 10 2	29 0 2 8
TVX	70	5	19	18	15	16	9	6 0	36 3 9 4	39 3 4 0
YZ&	80	5	21	18	15	18	10	6 8	47 4 5 4	51 2 8 0

AVIS DE MONSIEUR BULLET.

Voici ce que dit M. Bullet Architecte du Roy, au ſujet de la difficulté en queſtion.

Pour les terres des remparts qui pouſſent ſans ceſſe, perſonne de ceux qui ont écrit de l'Architecture, dit-il, n'ont encore donné aucune Regle de proportion pour établir une maçonnerie à les ſoutenir. Que les terres plus elles ſont ſablonneuſes, plus elles pouſſent, & coulent, parce qu'elles ſont plus rondes que les brins de terre ordinaire.

Il eſt démontré, dit-il, dans les principes de la Statique, qu'un Plan eſtant incliné comme *C B*, Planche deuxiéme, Figure ſixiéme, qui peut eſtre une Table ou un autre corps uni ſur lequel on veut faire tenir une boule comme *D*, il faut pour tenir cette boule ſur le corps incliné une force ou puiſſance qui ſoit au poids de la Boule comme la hauteur *B A*, eſt au Plan incliné *B C*, ou comme le côté eſt à la diagonale d'un quarré, & quoique cette proportion ſoit incommenſurable en nombre, l'on peut neanmoins en approcher. Elle eſt comme 5 eſt à 7, il faut donc que la reſiſtance du mur qui ſera fait pour arrêter les terres du coin *C B A*, ſoit au même coin comme 5 eſt à 7.

Pour reſoudre cette queſtion, il faut meſurer la ſuperficie du triangle *A B C*, & pour cela il ſuppoſe que chacun de ſes côtez *A B*, *A C*, ait ſix toiſes, le triangle aura dixhuit toiſes en ſuperficie, il eſt queſtion de trouver un nombre à qui 18 ſoit comme 7 eſt à 5, qui ſera un peu moins que 13, il faut donc que le Profil du mur qui doit arrêter les terres ait treize toiſes en ſuperficie. Ainſi ce mur oppoſera une force égale à la Pouſſée des terres par ſon poids, quand la maçonnerie ne peſeroit en pareil volume que la peſanteur des terres.

Cela eſtant ſuppoſé dans la Figure que l'on doit faire de ce Profil, il faut ſçavoir combien on doit donner de talud au mur. Si c'eſt un mur de rempart, on luy donne

Digitized by Google

ordinairement un ſixiéme de ſa hauteur, comme ſi le mur *A B*, Planche troiſiéme, Figure ſeptiéme, a ſix toiſes de hauteur, on luy donne une toiſe de talud de *A* en *C*, cela va à deux pouces par pied, cette inclinaiſon *C B*, fait avec la ligne à plomb *A B*, un angle de neuf degrez 27 minutes, 45 ſecondes.

Et pour ſçavoir par cette Regle l'épaiſſeur par le bas d'un mur qui a ſix toiſes de hauteur, il faut reduire en pieds ſuperficiels, tout le triangle des terres qui a 18 toiſes en ſuperficie, lequel on aura en multipliant 18 par 36, il viendra 648 pour le Profil du triangle ſuppoſé. Il faut enſuite trouver un nombre à qui 648 ſoit comme 13 eſt à 18, ce qui ſe peut faire par une Regle de proportion, en mettant au premier terme 13, au deuxiéme 18, & au troiſiéme 648, & il viendra 468 pour la ſuperficie du Profil du mur, leſquels 468 il faut diviſer par 36 pieds de la hauteur dudit mur, & l'on aura 13 pieds pour ſon épaiſſeur s'il eſtoit à plomb; mais comme il a ſix de talud, il les faut diviſer en deux, & ajouter trois pieds aux 13 pieds; & cela fera 16 pieds pour l'épaiſſeur du mur par le bas, & 10 pieds par le haut, en ſorte que toute la hauteur du mur qui eſt 36 pieds ſera à ſon épaiſſeur par le pied comme 36 eſt à 16, & à ſon épaiſſeur par le haut comme 36 eſt à 10, & le Profil du mur ſera au Profil du triangle des terres comme 13 eſt à 18, ainſi qu'il a eſté ſuppoſé.

Comme cette Regle peut ſervir à ſçavoir l'épaiſſeur que doivent avoir les murs des remparts par rapport à la hauteur des terres qu'ils ont à ſoutenir, l'on peut reduire cette propoſition aux moindres termes en prenant la moitié de 36 qui eſt 18, & la moitié de 16 qui eſt 8, pour l'épaiſſeur d'un mur par le bas, & ſi l'on ſuit le même talud, il faudra donner 5 par le haut, car 18, 8 & 5 ſont entr'eux comme 36, 16 & 10, que j'ay ſuppoſé d'abord. Ainſi l'on peut par cette Regle donner les épaiſſeurs de tous les murs des remparts par rapport à leurs hauteurs.

Digitized by Google

S'il arrive du changement dans cette hypotheſe, ce ne peut eſtre que par les differens taluds que l'on peut donner aux murs des remparts ou de la terraſſe. J'ay pris le ſixiéme pour les murs des remparts, & je croy que le cinquiéme ſeroit trop, il faut que ce ſoit la prudence qui decide de cela.

Pour les murs de terraſſes quand ils n'ont pas grande hauteur comme juſqu'à 12 pieds, on peut leur donner un neuviéme de talud, & quand ils n'ont que ſix pieds de haut, c'eſt aſſez d'un douziéme, ſuppoſé que la conſtruction ſoit bonne; mais depuis 12 juſqu'à 15 ou 20 de haut, on leur donne un huitiéme, & ainſi du reſte à proportion.

Il n'eſt pas difficile de reduire le Profil des murs par la même Regle ſuivant les differens taluds qu'on voudra leur donner; car à un mur qui n'aura par exemple que 20 pieds de haut, & auquel on ne donnera qu'un huitiéme de talud, le huitiéme de 20 pieds eſt 2 pieds & demi, c'eſt à dire que le mur propoſé qui aura 20 pieds de haut, n'aura que 2 pieds & demi de talud. Le triangle de terre au derriere d'un mur qui a 20 pieds de haut aura 200 pieds de Profil, il faut faire un Profil de mur ſur le talud à qui 200 ſoit comme 18 eſt à 13, & l'on aura 144 deux neuviémes qu'il faut diviſer par 20, il viendra 7 $\frac{19}{90}$, c'eſt à dire un peu plus de ſept un cinquiéme, auſquels ſept un cinquiéme il faut ajouter un pied & demi, qui eſt la moitié du talud, & l'on aura 8 neuf vingtiémes, ou à peu près huit pieds & demi pour l'épaiſſeur du pied du mur, & ſix pieds pour l'épaiſſeur par le haut. Par ce moyen l'on aura le Profil du mur ſuivant la hauteur, & le talud propoſé, & ainſi des autres taluds à proportion. Voici quelle eſt ma penſée ſur cette cinquiéme difficulté.

Les terres de differente nature qu'on employe dans les remparts, & aux terraſſes, ne pouſſent & ne renverſent les murs qui les ſoutiennent, que parce qu'elles ont du poids plus que les Ouvrages de maçonnerie qu'on y

oppoſe pour les arrêter, & les unes & les autres n'ont de puiſſance plus ou moins, que parce qu'elles ſont plus contiguës, & les parties dont elles ſont compoſées, ſont plus ou moins ſerrées, plus ou moins roides ou ſouples, ou plus ou moins mouvantes.

Pour connoiſtre les terres dont on peut ſe ſervir à tous ces Ouvrages, j'ay examiné autant que j'ay pû la nature des unes & des autres, & j'ay trouvé qu'on pourroit les reduire à trois differentes claſſes, en celles qui ſont du pur ſable, en celles qui ſont franches & de bonne conſiſtance propres à germer comme ſont celles des champs, & des jardins où l'ony ſeme & où l'on plante des arbres; & enfin en celles qui ſont de pure glaiſe. Les unes & les autres ont differens poids & coulent differemment, par rapport à leurs parties plus ou moins rondes, ou plus ou moins embaraſſantes.

J'ay pris du ſable du plus pur qui eſtoit blanc, de celui qu'on tire de differentes mines ſablonnieres autour de Paris, & qu'on dit qu'on employe pour faire des vaſes de criſtaux & des glaces de miroirs. Ce ſable deſſeché & verſé pour former un monceau, Figure huitiéme, Planche deuxiéme $G\,I\,D$, a formé un talud $I\,G$, $I\,D$, de part & d'autre de trois cinquiémes de hauteur. De maniere que $I\,L$, eſtant de trois parties $L\,G$, eſtoit de cinq.

J'ay pris enſuite de la terre franche ſans eſtre deſſechée, telle que je la ſortois du creux avec ſon humidité ordinaire, que j'ay froiſſée entre les doigts, pour en ſéparer les petits graviers qui eſtoient mêlez enſemble, & l'ayant verſée en un tas, Figure huitiéme, Planche deuxiéme, elle a formé le Profil $G\,I\,D$, en ſorte que les taluds $I\,G$, $I\,D$, ſe ſont trouvez eſtre conformes à ceux de la diagonale d'un quarré, de maniere que la hauteur $L\,I$, eſt égale à celle de leur baſe $L\,D$, ou $L\,G$.

Il m'a paru que ces deux experiences ont dû ſuffire pour connoiſtre la difference de toutes les autres terres

qu'on peut employer au remblai des terraſſes, & des remparts. Car ſi on mélange également ces differentes terres de ſable pur & de terre franche, on fera une conſiſtance de terrain qui participant de l'un & de l'autre, donnera un talud moyen *ID*, ou *IG*, qui eſt le même, qui ſera les trois quarts de ſa hauteur.

Je n'ay point fait d'experience ſur la terre glaiſe, & je ne doute pas que ſes parties eſtant plus ſouples, & plus embaraſſantes, elle ne doive avoir beaucoup plus de conſiſtance & pouſſer moins que les autres, puiſqu'elle eſt plus ſerrée & mieux liée; & que les particules de l'eau ne peuvent point la penétrer lorſqu'elle eſt bien employée à l'uſage des Bâtard'eaux &c. Au contraire de la terre franche qui pour ſi ſerrée qu'elle ſoit, l'eau ne laiſſe pas de la penétrer avec le temps & d'aller corrompre les murs dont on s'eſt ſervi pour la ſoutenir dans les remparts & dans les terraſſes, le ſable eſt bien pis, car l'eau le perce & paſſe à l'inſtant entre les petits vuides que forment à leur entre-deux les petits grains dont il eſt compoſé, à peu prés comme à travers un crible. Ainſi on peut dire de la nature de ces trois terrains qu'ils ne different que du plus & du moins; & que ceux qui ſont plus coulans doivent eſtre tetenus par des Profils de maçonnerie qui ayent plus de conſiſtance. Je vais entreprendre à diſcuter celui de la terre franche, ou terre moyenne, qui eſt celle pour l'ordinaire dont on ſe ſert pour former les remparts & les terraſſes qui eſt la plus commune, celle qui couvre la ſuperficie de la terre que le ſoleil & les pluyes penétrent, & que les plantes par leurs racines parcourent. On pourra par rapport à l'exemple que je vais donner de celle-ci, agir pour les autres en conformité ſur le talud plus ou moins grand qu'elles forment quand on les amoncelle, pour connoître par là leur differente Pouſſée.

Pour expliquer ces ſortes de Pouſſées, il faut emprunter le ſecours des Méchaniques, & des raiſons que les

Digitized by Google

Auteurs n'ont point encore rapportées, mais que le ſens commun fera aiſément comprendre.

Il eſt certain par l'experience que le monceau de terre *G I D*, Figure huitiéme, Planche deuxiéme, à ce talud de la Pouſſée de ſes terres de part & d'autre à la diagonale de leur quarré, ſuivant les pentes *I G*, *I D*, ſi à une de ſes pentes *I G*, comme au point *E*, on forme le triangle *G E H*, proportionnel au grand *G I D*, que l'on abaiſſe la perpendiculaire *E F*, que l'on tire la parallele *F S*, à celle de la pente *G I*, que l'on abaiſſe encore la perpendiculaire *O H*, & que l'on faſſe la parallele *E A*, à celle de la baſe *G D*, toutes ces lignes formeront divers triangles *G E F*, *F R E*, *R E O*, & encore un Rhomboïde *R O I S*, qui ne ſe ſoutiendront les uns & les autres dans cet état, que parce que le triangle le plus bas *G E F*, les arrête tous par le pied; car ſi l'on fait couler ſous *G F*, la terre du triangle *G E F*, celle du triangle *F R E*, ſuivra aprés, & ſe renverſera de même que celle du triangle qui eſt audeſſus *E R O*, auſſibien que celle du Rhomboï. de *R S I O*, de maniere que par rapport à la pente des terres le monceau ſe reduira à celle de ſa parallele *F S*, qui eſt audeſſous. Donc le triangle *G F E*, qui eſt au bout ſupporte l'effort & la puiſſance de tous les autres qui ſont audeſſus, ou bien tout le Rhomboïde *F S I E*, fût-il continué juſqu'au plus haut des Cieux, ou à l'infini ſi l'on veut, ſuivant toujours la pente *G I*, & c'eſt de cette maniere que toutes les pentes des montagnes ſe ſoutiennent ſucceſſivement tant que le bas qui aboutit à des plaines ou à des rivieres n'eſt pas ſoutenu par des rochers ou des terrains de conſiſtance qui ont fait corps depuis longtemps, & qui par leur ſolidité arcboutent & ſoutiennent les terres mouvantes qui ſont audeſſus.

Suivant ces principes de Méchanique fondez ſur des experiences, penſons une hauteur de terre mouvante qu'il faut ſoutenir à quelque hauteur donnée que ce puiſſe eſtre, comme celles qui ſont compriſes dans le cu-

Digitized by Google

be *A D B C*, Planche premiere, Figure dixiéme, arrêtées en *B C*, d'un côté, mais mouvantes en *D A*, où il faut oppoſer un mur pour les arrêter, & le deſſus *D B*, doit eſtre le terreplein du rempart, ou la Plateforme de la terraſſe, &c.

Si l'on tire la diagonale *A B*, pour la pente ordinaire du terrain, qu'on la diviſe en deux également au point *E*, que l'on faſſe le quarré *E F D G*, proportionnel au grand *C B D A*, que l'on tire la diagonale *F G*, continuée juſqu'à *H*, que ſur celle-ci *F G*, on opere de même également en *O*, qui eſt le milieu pour former le quarré *O M D I*, que l'on prolonge les diagonales *M I*, juſqu'à la rencontre des baſes *G K*, &c. & ainſi de ſuite à l'infini juſqu'au point *D*, car il ſe trouvera toujours de nouveaux quarrez proportionnels à faire *in infinitum*, & que l'on tire enfin *D H*, qui déterminera tous les triangles d'appui *A G H*, *G I K*, &c. c'eſt ſans difficulté que les triangles d'appui *A H G*, ſoutenant les trois qui ſont audeſſus, & qui luy ſont égaux & ſemblables *A G E*, *E G F*, & *E F B*, par la Démonſtration precedente, & pareillement le triangle d'appui *G I K*, ſoutenant les trois autres qui ſont audeſſus, dont chacun d'eux leur eſt égal, & qui ſont compris dans le Trapſoïde *G I M F*, & ainſi de ſuite juſqu'au point *D*, qui eſt la hauteur déterminée, il n'y a pas de doute que le triangle d'appui *A H D*, qui contient tous les triangles d'appui *A H G*, *G K I*, &c. ne ſoutienne par conſequent la valeur ou la Pouſſée de toute la terre compriſe dans le triangle *A D B*, ce qu'il falloit démontrer. Mais *A H D*, n'eſt que moitié du triangle *A D B*, à cauſe que *A H*, eſt égale à *D F*, & *F A*, eſtant parallele & égale à *D H*, & *A D*, commune entre les deux triangles, il s'enſuit que le triangle d'appui *A H D*, eſt égal au triangle de terre mouvante *A D F*, & celui-ci à l'autre moitié *A F B*. Donc le triangle d'appui *A H D*, eſtant compoſé de maçonnerie, ou d'autres corps ſolides qu'on y oppoſera, ſoutiendra le

Digitized by Google

poids double du triangle des terres mouvantes *A D B*.

COROLLAIRE.

Je tire des conſequences de ces Démonſtrations, que puiſque le triangle de maçonnerie *A H D*, eſt moitié plus petit que le triangle des terres qu'il y a à ſoutenir, ſi les terres mouvantes du triangle *A D B*, ont deux degrez de force en liaiſon, & le triangle d'appui de maçonnerie *A H D*, en avoit quatre, il ſuffiroit qu'il fût encore moitié plus petit qu'on ne le propoſe pour les ſoutenir & faire le même effet, ſi encore il en avoit huit, il ſuffiroit qu'il fût réduit au quart; & pour lors l'étenduë des uns eſtant à la petiteſſe des autres, double ou quadruple &c. comme la force ou la ſolidité de ces derniers double ou quadruple de la foibleſſe, ou du peu de conſiſtance des premiers, ils ſeroient enſemble en raiſon reciproque, & par conſequent en équilibre. Mais comme les plus habiles Maiſtres dans l'Art ne peuvent pas compter juſqu'à un point précis ſur la ſolidité des murs qu'ils font conſtruire pour les déterminer, il eſt infiniment mieux de ſe laiſſer conduire par l'ordre naturel des choſes, & de faire la maçonnerie pour ſoutenir les terres ſuivant un Profil qui contienne autant que le triangle *A H D*, qui ſera plus grand ſi aprés l'eſſai qu'on en aura fait, la pente des terres eſt plus étenduë que celle de la diagonale *A B*.

On doit remarquer qu'il y a differentes maçonneries qui par rapport à la differente qualité de leurs materiaux, durciſſent davantage, & font plus de corps plus elles vieilliſſent. D'autres au contraire diminuënt de leur qualité & de leur conſiſtance tant plus elles ſont vieilles, à cauſe des eaux qui en délayent les mortiers; & qui par des racines d'arbres en deſuniſſent les joints, j'en ay vû des effets ſurprenans ſur un mur de Chauſſée du Rhoſne dans le Terroir de Beaucaire, où un Murier qui n'avoit

Digitized by Google

peuteſtre crû dans un joint que par une graine, avoit ſoulevé pluſieurs aſſiſes de Pierre de taille prêtes à renverſer le mur en ouvrant les joints, que le plus fort levier n'auroit ſçû écarter de même ſans faire un effort extraordinaire. Cependant cela ne s'eſtoit fait que par la ſéve de l'arbre ſucceſſivement, & peu à peu chaque année par differens leviers & reſſorts. Ce qui doit faire connoiſtre combien il importe de ne ſouffrir qu'aucune plante croiſſe entre les joints des murs, s'il eſt poſſible.

REDUCTION DU PROFIL.

Le Triangle en Profil *A H D*, qu'on conſtruit de maçonnerie, eſt diſpoſé autrement dans l'execution ſuivant l'Art; car on le reduit en un parfait quarré long en le tranſportant en *N P Q*, Figure onziéme, on diviſe *P N*, en deux également en *R*, on tire la perpendiculaire *R S*, qui forme le quarré long *R S Q N*, égal au triangle *N P Q*, à reduire.

Si on veut donner au Profil du mur un ſixiéme ou un cinquiéme de talud, on diviſe *R S*, en cinq parties égales, ſi c'eſt un cinquiéme, & cette cinquieme partie en deux également, on en tranſporte une de *S* en *T*, & l'autre de *R* en *V*, on tire *T V*, pour le talud d'un cinquiéme en queſtion, au bas duquel *V*, on forme un zocle, & à ſon couronnement *T*, on poſe une plinte, un cordon & un parapet, ou un gardefol &c. pour amortiſſement.

C'eſt ainſi que ſûrement on peut operer pour de ſemblables Ouvrages avec connoiſſance de cauſe dans ce qu'on propoſera, & qu'on n'ira plus à tâton pour avoir recours à ce qu'on aura fait ailleurs par des exemples.

Il ſe peut trouver pluſieurs difficultez tant de la part des terres, que du côté de la maçonnerie qu'on rencontre en differens Pays, le bon ſens qui regle toutes choſes ſur l'experience plus ou moins de conſiſtance de tous ces corps, peut faire prendre un parti à l'Architecte qui ſera toujours tres juſte, tres raiſonnable, & démontré,

montré, lorſqu'il joindra à la Démonſtration la Phyſique & les Méchaniques, pour connoiſtre tout ce qui peut embaraſſer un Homme dans ce ce fait, qui ſans tous ces ſecours ne ſe tirera d'affaire qu'au hazard.

Pour l'ordinaire le pied cube de terre peſe 95 livres.

Le ſable,	132 livres,
La chaux,	59 livres.
L'eau,	72 livres.
La brique,	130 livres.
Le marbre,	252 livres.
Et la pierre ordinaire,	165 livres.

Tous ces materiaux different en peſanteur qui plus qui moins, ſuivant les differens Pays où on les trouve. On les reduit ici au Tarif que l'on en donne. Par des experiences particulieres on peut les connoiſtre plus préciſément dans les differens Pays où l'on fera travailler, & où l'on aura des terres à ſoutenir.

En general la toiſe cube de maçonnerie peſe 308 $\frac{80}{100}$

Et celle de la terre peſe 205 $\frac{10}{100}$

Ce qui donne environ un tiers de difference que la toiſe cube de maçonnerie peſe plus que celle de la terre. Ainſi on peut compter que trois toiſes cubes de terre ſeront en équilibre avec deux toiſes cubes de maçonnerie, ſans compter que la ſolidité de ces derniers eſt triple, quadruple, &c. des premiers.

EXAMEN DE CES TROIS PROFILS.

Si l'on examine ſans prévention & dans la pratique ces trois differens Profils, le premier établi ſur l'experience, & les deux autres ſur de prétenduës Démonſtrations, on trouvera à tous trois de grands inconveniens.

Il n'eſt pas naturel de donner au prétendu de M. de Vauban cinq pieds d'épaiſſeur au ſommet, ſi le mur en queſtion n'a que dix pieds de haut, comme la Table le ſuppoſe. Et s'il eſt vray que ce grand Homme ait voulu

Digitized by Google

donner une pareille épaiſſeur au couronnement d'un mur de rempart, cela a eſté plûtoſt pour reſiſter à l'effort du boulet de canon, qui un jour devoit le renverſer & le battre, que pour ſoutenir le poids des terres, auſquelles certainement il ne faut pas cette épaiſſeur de mur pour les arreſter.

Le Profil que propoſe M. Bullet peut eſtre propre à certaines hauteurs de terre à ſoutenir, & ſeroit d'une dépenſe immenſe s'il falloit l'employer à ſoutenir les terres d'un rempart de 80 pieds de hauteur. Car ſi 36 pieds de haut donnent 10 pieds de largeur de mur au ſommer, 80 doivent donner 22, ce qui eſt une épaiſſeur extraordinaire à la vouloir comparer à l'Uſage & au Profil prétendu de M. de Vauban. La Démonſtration de M. Bullet ſe pourroit fort bien accommoder à ſupporter des terraſſes de cinq à dix pieds de hauteur, mais non pas au-deſſus, ſans employer beaucoup d'épaiſſeur de maçonnerie inutile.

Celle que je propoſe, quoique démontrée dans l'Uſage, ne laiſſe pas que d'avoir ſes défauts. Elle peut eſtre employée aux plus grandes hauteurs des terres qu'il y auroit à ſoutenir, mais non pas de cinq à dix pieds, où le mur n'auroit pas aſſez d'épaiſſeur par rapport à l'effort que pourroient faire les terres eſtant chargées de voitures, d'affûts de canons, de mortiers, &c. Tous corps plus ou moins peſans qui par leur mouvement ébranlent les terres qui les ſupportent, & celles-ci à proportion pouſſent & peſent contre les murs qui les retiennent. Il paroît donc que quelques Démonſtrations que l'on faſſe ici, on doit proportionner tous les Profils de maçonnerie qui doivent ſoutenir des remparts & des terraſſes aux efforts que les uns & les autres peuvent ſouffrir. C'eſt ſur cette idée generale que j'ay reduit par une Table tous ces differens Profils à l'uſage des Terraſſes & des Chauſſées ſeulement qu'il y aura à retenir. Que ſi on veut les mettre à l'uſage des Fortifications, pour lors on pourra leur

Digitized by Google

donner à leur ſommet l'épaiſſeur portée par la Table de feu M. le Maréchal de Vauban avec ſes Contreforts, afin de pouvoir reſiſter à l'effort du boulet de canon.

La Table que je propoſe eſt faite ſur un 5e de talud. Elle pourra eſtre reduite par un compte fort aiſé à un ſixiéme, ou à toute autre difference, de la maniere que j'ay propoſée ci-devant, en reduiſant en un quarré long tout le Profil en queſtion, pour luy donner le talud qu'on ſe ſera propoſé. Si on veut enfin l'employer à l'uſage des fortifications, on n'aura qu'à y joindre les Contreforts énoncez dans la Table prétenduë de M. de Vauban.

Table des Profils des murs de ſoutenement des terres à l'uſage des Terraſſes & des Chauſſées depuis cinq pieds de hauteur juſqu'à 80, que l'on peut continuer audelà, ſi l'on veut, ſuivant la même Progreſſion.

Hauteur des murs	Largeur au ſommet.		Largeur au bas.	
Pieds.	Pieds.	Pouces.	Pieds.	Pouces.
5	2	0	3	0
10	2	4	4	4
15	2	8	5	8
20	3	0	7	0
25	3	4	8	4
30	3	8	9	8
35	4	0	11	0
40	4	4	12	4
45	4	8	13	8
50	5	0	15	0
55	5	4	16	4
60	5	8	17	8
65	6	0	19	0
70	6	4	20	4
75	6	8	21	8
80	7	0	23	0

CHAPITRE VII.

Des forces que les chevaux employent à la traite de toutes sortes de voitures montées sur des rouës, & parcourans differens Plans, plus ou moins élevez.

FEU M. Sauveur de l'Academie Royale des Sciences, Maistre des Mathematiques des Enfans de France, avec le R. P. Sebastien, ont fait des experiences sur ces faits. Ces Messieurs ont suspendu un poids à une corde qui ayant passé par dessus la poulie d'un puits, & tiré orizontalement par un cheval d'une force moyenne, ils ont trouvé que ce poids estant de 175 livres, n'a pû estre tiré que par la force de sept hommes avec la même facilité que le Cheval le tiroit; d'où ils ont conclu que la force d'un homme estoit de 25 livres, & celle d'un cheval sept fois plus grande par consequent.

En mon particulier sans estre prévenu de cette experience, j'en ay fait à peu prés une pareille, mais inverse; c'est qu'ayant attaché un poids *D*, de 100 pesant à une poulie, ou à une rouë *B I H*, Planche troisiéme, Figure cinquiéme, pour tirer le chariot *F E*, sur un Plan orizontal *A H*, parfaitement uni, j'ay trouvé que le poids *D*, de 100 pesant a fait rouler le chariot de 800 pesant, ce qui est comme 1 à 8, au lieu que suivant l'experience de M. Sauveur & du R. P. Sebastien, comme 1 à 7, cette difference de 8 à 7 qui est un huitiéme entre les experiences de part & d'autre, peut provenir de differens frottemens, & de differentes causes qu'il est tres difficile de pouvoir déterminer bien precisément comme du plus ou moins grand rayon de la rouë ou de la poulie.

De ces experiences je conclus qu'un cheval employant un degré de force en poids, tirera sur un Plan orizontal

un chariot pesant avec toute sa charge huit fois autant, que le Plan orizontal en doit supporter sept, & l'effort du cheval un huitiéme, & cela avec des rouës dont l'essieu est à la hauteur des cuisses du cheval. Ce qui fait voir que le levier des rouës à l'essieu est comme de 1 à 8 à cette hauteur. Il n'y a pas de doute que si les rouës estoient plus grandes qu'il ne fallût employer moins de force pour tirer la charge, & au contraire qu'il ne fallût y en employer davantage si elles estoient plus basses comme sont les avant-trains ou leurs essieux audessous des cuisses des chevaux où se fait leur mouvement entre le femur, & l'os Ischion dans l'emboiture qui est leur point d'appui.

Que si au contraire il falloit enlever un poids verticalement à plomb, ou perpendiculairement sur un Plan orizontal, il faudroit employer huit fois autant, ou sept fois autant de pesanteur pour le soulever. Ce qui fait voir combien plus on trouve de difficulté dans les voitures lorsqu'on est obligé de monter des collines plus ou moins rapides; car plus elles approchent de l'aplomb ou de leur perpendiculaire, plus les chevaux sont obligez de faire des efforts. C'est dans ces mouvemens plus ou moins violens qu'on fait faire à tous les chevaux qui tirent en montant, que les uns ou les autres periſſent par des efforts extraordinaires. Aussi peut-on dire combien est à préferer un chemin qui a une pente plus aisée quoique plus long, à un autre plus rapide quoique plus court, puisque les voitures ne souffrent point tant, & ne sont pas en danger d'y prendre du mal par des efforts trop violens que les Voituriers leur font faire en les maltraitant. J'ay calculé toutes ces forces sur differens Plans inclinez, pour sçavoir jusqu'à quel degré les chevaux pourront tirer les voitures roulantes, ce qui est plus utile que curieux; s'il estoit possible de rendre la chose sensible aux Voituriers en leur faisant connoistre de combien il faudroit augmenter le nombre des chevaux à leur

voiture pour tirer également ſans faire davantage d'effort qu'ils font lorſqu'ils roulent dans une plaine. Comme ces ſortes de gens n'ont devers eux que l'experience, pour l'ordinaire dans de longs voyages ils vont de compagnie pour s'aider mutuellement lorſqu'ils ont à monter des hauteurs trop rapides, ils accouplent leurs équipages de deux voitures à une ſeule pour gagner la hauteur de la montée, & quand ils ont une fois conduit ainſi une voiture audeſſus de la hauteur, ils s'en vont reprendre l'autre. Mais comme ils ne ſçavent pas juſqu'où ſe porte l'effort que doivent faire leurs chevaux en roulant ſur des Plans plus ou moins élevez, voici les experiences que j'ay faites ſur ce ſujet pour connoiſtre juſqu'où ils peuvent atteindre, afin d'augmenter les voitures à meſure que la pente peut eſtre plus ou moins rapide.

La force d'un cheval ordinaire eſt de tirer 500 peſant dans un chemin, dit M. Sauveur, c'eſt ainſi à peu prés qu'on compte que les Rouliers qui vont d'Orleans à Paris doivent eſtre chargez; & ſi un cheval fait effort de 175 livres qui eſt à peu prés le tiers de 500, on doit en conformité de ces mêmes efforts charger les voitures roulantes par rapport aux chevaux qu'on y employera pour les voiturer ſur un chemin de niveau; mais s'il faut monter on doit augmenter le nombre des chevaux, ou bien ceux qu'on y employera qui faiſoient effort dans la plaine pour 175 degrez de force pour tirer les 500 peſant, doivent faire des plus grands efforts audeſſus de 175, pour tirer les mêmes 500 peſant par rapport à la montée plus ou moins rapide.

Mes experiences ſont, c'eſt qu'ayant fait rouler le chariot *E F*, chargé de 800 peſant ſur un Plan parfaitement de niveau avec un poids *D*, de 100 peſant, ce même chariot a roulé ſur un Plan élevé de 10 degrez, numero *B*, 10 avec un poids de 200 peſant, & ainſi de ſuite comme en la Table ci-aprés. Que ſi on trouve que le nombre de 8 dans la troiſiéme colomne eſt en équilibre avec

celui de 8, dans la quatriéme à 70 degrez d'élevation, c'eſt que le frottement du poids de la rouë ſur le Plan incliné eſt en puiſſance égale avec le ſurplus du poids qui tire. De même le chariot roulant encore ſur une rampe de 80 degrez d'élevation, le poids de neuf, colomne troiſiéme, eſtant en équilibre avec celui de 8, colomne quatriéme qui donne un de plus, c'eſt que le frottement fait cette difference d'un huitiéme, mais le même poids de 8, colomne troiſiéme, s'eſt reduit en poids de 8 dans la même colomne au 90ᵉ degré, c'eſt que pour lors montant à plomb ou perpendiculairement ſur la rouë qui le faiſoit mouvoir, & ſans aucun frottement ſur le Plan qui n'eſt plus incliné, il n'a dû eſtre arrêté par quoy que ce ſoit, mais a dû demeurer en équilibre avec pareil poids ou effort qui le tiroit, nº 8, colomne quatriéme vis à vis du 90ᵉ degré.

Degrez d'élevation d'une montée	Peſanteur ordinaire de la voiture d'un cheval.	Nombre des chevaux pour monter une même charge également à differentes montées.	Poids ſelon l'experience, enlevez ſuivant divers efforts en differentes montées.
1	2	3	4
0	500 l. peſant.	1	8
10	500	2	8
20	500	3	8
30	500	4	8
40	500	5	8
50	500	6	8
60	500	7	8
70	500	8	8
80	500	9	8
90	500	8	8

DES CAROSSES.

En fait des voitures roulantes on trouve des choſes bien particulieres dans l'Hiſtoire.

On lit qu'en 695, les Rois de France ne ſe montroient au Peuple qu'une fois l'an, lors de l'Aſſemblée des Etats qui ſe tenoit le premier jour de Mars, & ne ſortoient que dans un chariot tiré par des bœufs. Voyez Childebert II, Roy de France, dit le Jeune par Mezeray.

En 1585, M. de Thou Premier Preſident au Parlement de Paris, eut le quatriéme caroſſe qui fut fait en France. Avant ce temps lá les Preſidens & Conſeillers n'alloient au Palais que ſur des mules. Les Chevaux n'eſtoient que pour les Gens d'épée, & quand la Reine venoit du Château de Madrid à Paris, elle ſe mettoit en croupe derriere ſon Ecuyer. Il y avoit auſſi chez les Gens de qualité des coches pour la commodité des Femmes; mais comme ils n'eſtoient pas ſuſpendus, les Dames aimoient mieux aller en croupe que dans une voiture ſi fatigante.

CHAPITRE VIII.

De la retenuë de toutes ſortes de corps peſans qu'on fait deſcendre par pluſieurs tours de corde autour d'un eſſieu immobile, de leur meſure, de leur force, & de leur frottement; & la maniere de les déterminer à quelque peſanteur qu'ils puiſſent deſcendre & ſupporter.

LEs frottemens dans les machines, ſoit dans les diverſes parties des rouës, ſoit ſurtout dans les pivots, les tourillons, les eſſieux &c. apportent tant de changement aux effets qu'on ſe propoſe, que la réuſſite qu'on

Digitized by Google

en eſperoit n'eſt pas toujours ſuivie d'un heureux ſuccés, faute de n'avoir pas prévû ces difficultez qu'on compte bien ſouvent pour des minuties. Les Charons ne ſçavent point de meilleur expedient pour prévenir les fautes qu'ils font dans les jours des moyeux, que de graiſſer avec du ſaindoux l'eſſieu des roüe. Mais on ne peut pas faire la même choſe dans pluſieurs autres machines. Et plus il s'y trouve du frottement, plus il faut des efforts pour les faire mouvoir.

Plus un eſſieu eſt grand, plus il faut de force pour le faire mouvoir. Plus la circonference approche de l'interieur du jour du moyeu, ou du trou dans lequel il doit tourner, plus on a de la peine à le mouvoir, parce qu'il porte davantage dans le tour du cercle dans lequel il tourne, & autour du quel il frotte, ou celui-ci autour de l'eſſieu, ce qui revient au même. C'eſt le même des pivots élevez perpendiculairement, ou qui tournent verticalement, plus ils ſont grands, & s'éloignent du centre de la crapaudine, ou de la grenoüillette dans laquelle ils doivent tourner, plus on a de la peine à faire mouvoir les ventaux des portes qu'ils ſupportent. Il ſeroit bon qu'ils ne portaſſent que ſur un point, s'il eſtoit poſſible, comme on a imaginé depuis peu dans ceux dont on ſe ſert pour ſupporter les portes d'écluſes, & dont deux pointes de cone diametralement oppoſées, font toute la bonté du pivot.

Pour chercher quelques regles dans les Méchaniques, qui pût déterminer le frottement de tous ces corps plus ou moins, par rapport à leurs circonferences, j'ay fait pluſieurs experiences, & je n'en ay trouvé aucune plus ſenſible que celle que j'ay faite avec pluſieurs tours de corde autour d'un appui immuable, qui eſtoit rond, en ſorte que peſant un poids de deux livres, Planche premiere, Figure ſixiéme, ſur un bâton arrondi, je n'ay pû contrebalancer, & faire monter le poids 2 en haut, qu'en poſant un autre poids de l'autre côté

pesant cinq livres, & cela par un frottement d'un demi tour, autour du bâton.

Lorsque j'ay voulu mettre ce même poids 2, Figure septiéme, au même bâton, avec trois demi tours de corde, je n'ay pû le faire remonter qu'avec une puissance de poids de seize livres pesant.

Et enfin, lorsque j'ay voulu faire remonter encore le même poids de deux livres, Figure huitiéme, avec cinq demi tours de corde au tour du même bâton, cela n'a pû se faire qu'avec une puissance de cent quatre-vingt douze livres pesant

De maniere qu'on peut dire qu'un poids de deux livres, Figure premiere, avec un demi tour de corde sur un corps rond, suspendra un corps de cinq livres pesant. Le même corps de deux livres pesant avec trois demi tours, en arrêtera un autre de 192 livres pesant, comme on le voit en la Figure neuviéme de la troisiéme Planche; où un homme seul descendra dans une cave un muid de vin pesant environ 400, *D E*, avec deux livres pesant en *B*, par le moyen de cinq demi tours de corde en *A*, autour de la barre. Car si le muid *E D*, pese 400, il est certain que *E B*, *D A*, en portent chacun la moitié qui est 200. Or *A*, cinq demi tours suivant l'experience font comme 2 à 192 ou 200, je néglige le nombre de 8 comme surplus. Donc les mains *B*, de l'homme faisant effort pour deux livres seulement pesant, avec cinq demi tours de corde, balanceront le muid pesant prés de 400, pour le descendre insensiblemeut dans la cave lorsqu'il sera retenu par deux cordes, & de prés de 200 pesant quand il ne sera retenu que par une *A D*, supposé même que le muid en question ne fût supporté par aucune rampe, & qu'il descendît à plomb comme dans un puits.

En fait d'experiences on ne sçauroit trop les réiterer pour les accuser justes. On le voit dans celle que je viens de proposer, & que je n'ay pû resoudre pour en rendre

Digitized by Google

raiſon que par les nombres, en cherchant une Regle de proportion de progreſſion aritmethique, qui me donna à un certain éloignement une verité que je ne pouvois pas connoiſtre de trop prés par les frottemens de la corde autour du bâton arrondi. La moindre circonſtance peut apporter beaucoup de difference à toutes ces choſes, qui empêche bien ſouvent de trouver une verité qu'on cherche. Voici enfin comme j'ay rencontré la proportion de ces nombres par rapport à leurs frottemens.

J'ay dit s'il eſt vray que deux ayent tenu en raiſon en un demi tour de corde un poids de cinq livres, il s'enſuit que le frottement eſt au poids comme 2 à 5, qui eſt deux fois deux & demi, qui font cinq pour le premier demi tour. Et partant il y aura trois degrez de frottement en difference pour un demi tour.

Pour le deuxiéme demi tour, je prends la puiſſance de cinq, & la multipliant par deux & demi je trouve douze & demi.

Pour le troiſiéme demi tour, je prends la puiſſance de douze & demi que je multiplie par deux & demi, qui font trente-un & un quart. Donc il y a erreur dans mon experience qui ne donne que ſeize; mais je continuë ma regle de progreſſion, ſans avoir égard à l'erreur.

Pour le quatriéme demi tour, je prends la puiſſance de trente-un & un quart, que je multiplie par deux & demi, qui me donne 78, je néglige quelques fractions qui me reſtent.

Et enfin pour le cinquiéme demi tour, je prends la puiſſance de 78, que je multiplie toujours par deux & demi, ce qui me donne 195, terme fort approchant de mon experience qui eſt 192, & ainſi de ſuite juſqu'à quelque poids que ce puiſſe eſtre, qui augmenteroit ſi fort en puiſſance, qu'on pourroit le mettre en équilibre dans peu à ſupporter toute la peſanteur de la terre, s'il eſtoit poſſible de trouver des inſtrumens, & des lieux ſtables audelà de ſon Globe pour pouvoir s'y aſſurer. C'eſt faire

encore beaucoup que par de pareilles puiſſances on puiſſe déterminer juſqu'où l'on peut porter les forces des leviers & des frottemens dans les Méchaniques.

C'eſt de ces mêmes frottemens dont on ſe ſert avec tant de raiſons dans les Arts, & dans toutes les machines. On ne ſçauroit s'en paſſer chez les Tourneurs, dans l'Art de la Verrerie, à deſcendre de lourds fardeaux. Les mâts ne ſont amenez au bas des Montagnes les plus rapides que par de pareilles tours de corde, autour des corps morts immuables qui ſont des troncs d'arbres, ou de gros pieux arrondis qu'on plante au bord des précipices, & des coulans par où l'on les fait deſcendre. Les bateaux dans les rivieres navigables ne ſont arrêtez que par de pareilles frottemens de tours de cordes autour de gros pieux arrondis qu'on plante en certains endroits de leurs bords. Si on fait trop de ces tours de corde, il eſt à craindre que le cable ne caſſe. Si on en fait trop peu le cable peut filer & le bateau perir. Il en faut une certaine quantité pour déterminer & mettre en équilibre le bateau à deſcendre le long du fil de la riviere, & ſous certains Ponts ſans précipitation, pour ne pas aller échoüer ſur quelqu'un de ſes bords. Ceux qui font cette manœuvre n'ont devers eux que l'experience, qui fait que bien ſouvent ils ſe bleſſent, ou s'eſtropient quand ils ne rangent pas bien leurs demi tours. Par les Méchaniques on en détermine les efforts. Si les Ouvriers ſe conduiſoient par ces principes, c'eſt ſans difficulté qu'ils ne feroient pas tant de faute comme ils font. Ils n'hazarderoient rien, & ſçauroient juſqu'à un quart de tour le frottement qu'il faudroit employer pour ſoutenir quelque poids immenſe qu'on leur propoſeroit.

Cette regle qu'on vient de ſuivre, pourroit changer ſi le même poids eſtoit appliqué à un eſſieu de plus grande circonference, de ſorte que ſe trouvant davantage de frottement, au lieu de trois qu'on a trouvé en augmentation de poids, on en pourroit bien rencontrer

Digitized by Google

quatre, & ſur cela il n'y a que les experiences réiterées qui puiſſent faire de cette hypotheſe une Regle generale pour déterminer bien au vray la choſe. Les Eſſieux plus ou moins raboteux & polis, & les cordes qui coulent autour par le moyen des charges, eſtant plus ou moins uſées, plus ou moins roides ou ſouples, peuvent encore y apporter du changement, mais non pas à la proportion de la progreſſion aprés un coup d'eſſai, qui doit eſtre toujours la même ſuivant la premiere épreuve qu'on en aura fait d'un demi tour.

CHAPITRE IX.

De la percuſſion des Corps qu'on fiche, comparée avec la peſanteur de ceux dont on les charge.

LA queſtion de la percuſſion eſt des plus difficiles à expliquer dans les Méchaniques. Juſqu'aujourd'hui on n'en a pas pû trouver bien au vray la ſolution. Voyez le R. P. Dechales dans ſon Traité du Mouvement local, ou du reſſort, Livre 4, propoſition premiere.

Voici ce que je penſe ſur cette matiere.

HYPOTHESES.

Si l'on prend un cloux *O L M*, Planche quatriéme, quon le poſe à plomb ſur une Planche *A I*, dont la nature du bois ſoit partout égale & uniforme, & qu'on le frape avec un coup de marteau, en ſorte qu'il enfonce dans le bois *L M*, de la hauteur *L M*, de 12 lignes, ou telles autres parties qu'on voudra.

Enſuite ſi avec un ſemblable cloux *G H*, on le poſe ſur la même Planche *A I*, & qu'on y mette ſur la tête *G*, un poids qui le faſſe enfoncer par ſa ſeule peſanteur juſqu'à *H*, ou autant que *L M*, comme a fait le coup de marteau de 12 autres lignes, il n'y a pas de doute que la pe-

Digitized by Google

ſanteur du corps *E F*, de l'un ſans mouvement, ne ſoit en raiſon reciproque à la viteſſe du coup de marteau de l'autre ; puiſque la peſanteur du corps *E F*, fait enfoncer également le cloux *G H*, comme la viteſſe du coup de marteau. Ainſi *L M*, 12 lignes d'enfoncement de la viteſſe du coup de marteau *N O*, eſt à la même profondeur *X H*, 12 lignes, poids du corps *E F*.

Suppoſons de plus que le corps *E F*, ſoit de cent peſant, & que la viteſſe *N O*, du marteau ſoit auſſi de cent degrez de viteſſe pour eſtre en équilibre avec la peſanteur du corps *E F*, en queſtion. Il n'y a pas de doute que la peſanteur de l'un ne ſoit à la viteſſe de l'autre, comme leurs effets reciproques.

Mais par un deuxiéme coup de marteau égal au precedent de 100 degrez de viteſſe, le cloux en queſtion *L O*, a enfoncé juſqu'en *C*, de moitié moins qu'auparavant, ou de ſix lignes, parce qu'il y a eu plus de bois à penétrer & à écarter, ce qui l'a arreſté davantage. Et enfin par un troiſiéme coup de marteau *C D*, de même égal au premier par la même raiſon, n'a enfoncé dans le bois qu'à moitié moins du coup precedent *C M*, qui eſt *C D*, & ainſi de ſuite, parce qu'il rencontre toujours plus de matiere à penétrer, & à écarter, & qu'il ſe trouve plus de parties audeſſous qui l'arrêtent, qui le ſerrent & qui le frottent davantage en maniere de coin, plus on le fait deſcendre. Il eſt certain que ſi l'on compare tous ces efforts qui ſont enſemble les mêmes par rapport à la viteſſe égale du coup de marteau qu'on ſuppoſe toujours le même, mais differens à penétrer la ſubſtance du bois, par rapport au plus & au moins de reſiſtance qu'ils y trouvent, on verra que *L M*, 100 degrez de viteſſe, ſeront à *M C*. autre 100 degrez de viteſſe, deuxiéme coup de marteau, & moitié moins d'enfoncement comme 12 à 6. Que ſi par un troiſiéme coup de marteau on enfonce le cloux juſqu'en *D*, moitié moins que *M C*, encore celui-ci ſera à *M C*, comme 3 à 6, puiſque *M C*, eſt

à *M L*, comme 6 à 12. Mais *L M*, vaut 100 pesant, & *M C*, qui luy est égal vaut un autre 100 pesant, & *C D*, de même un autre cent pesant. Donc *L D*, vaudra 300 pesant, & pour faire enfoncer le cloux *G H*, autant que *L D*, par une pesanteur sans viteſſe, il auroit fallu un corps *E F*, de 300 pesant, ce qu'il falloit démontrer.

C'eſt par cette raiſon qu'on peut ſçavoir combien un terrain de mauvaiſe conſiſtance pourra ſupporter de charge par le moyen d'un pilotage. Suppoſons pour cela que *O L*, ſoit un pieu que l'on veut faire ſervir pour ſupporter une charge de 300 peſant, ou de 3000, il n'y a pas de doute que ſi aprés avoir fait l'eſſai de l'effort d'une ſonnette, pour ſçavoir avec quelle peſanteur la viteſſe de ſon coup de mouton peut eſtre comparée, on ne ſçache combien il faudra enfoncer le pieu, & le nombre de coups dont il faudra le fraper, pour luy faire ſupporter la charge qu'on ſe ſera propoſé. Car ſi le premier coup vaut 100 peſant, & qu'il faille charger le pieu de 1000 liv. c'eſt ſans difficulté que 10 coups de ſonnette dont on frapera la tête du pieu, toujours égaux, ſeront en raiſon reciproque avec les 1000 peſant dont on voudra le charger, & que 30 coups ſeront par conſequent de même à trois milliers, & ainſi de ſuite.

Par ces calcul on pourra déterminer ſûrement la charge qu'on voudra faire ſupporter à un pilotage.

Que ſi enfin on joint tous les efforts des pilots plantez ſans refus, & qu'on les compare par cette regle à un eſſai d'un poids qu'on en aura fait auparavant, on pourra ſçavoir juſqu'à quelle charge de maçonnerie on voudra leur faire ſupporter, & par ce moyen diminuer, ou augmenter le nombre des pilots en queſtion, pour n'en employer que ce qui ſera neceſſaire, & épargner le ſuperflu comme inutile.

Ce n'eſt pas aſſez que d'avoir déterminé la charge qu'on veut faire ſupporter à un pieux, par rapport à la viteſſe & à la peſanteur de la ſonnette ou du mouton, mais le

principal eſt de ſçavoir comment cette ſonnette, ce mouton, ou plutoſt ce marteau, ne peſant qu'une livre, avec un ſeul petit coup enfoncera un cloux auſſi avant dans une Planche, que pourra faire le poids d'une pierre peſant un cent, deux cent, trois cent, &c.

Suppoſons que le corps dont on charge le cloux ſoit d'un cent peſant, & qu'il le faſſe enfoncer de 100 lignes de profondeur, il n'y a pas de doute que ſi on diviſe l'eſpace *NO*, que le marteau parcourt en cent parties égales, & en quatre inſtans égaux, la viteſſe du marteau qui ne peſe jamais qu'une livre en luy-même depuis le moment que la main le fait partir du point *N*, pour arriver au point *O*, il ne faille qu'il argumente de viteſſe à chaque inſtant égal qu'il parcourera dans l'eſpace de cent. En ſorte que ſi dans le premier inſtant égal au deuxiéme, la viteſſe eſt de 10, celle du deuxiéme ſera par exemple de 20, celle du troiſiéme de 30, & enfin celle du quatriéme de 40, pour pouvoir peſer tous joints enſemble le nombre de cent qu'il falloit déterminer; car 10, 20, 30, & 40 joints enſemble font le nombre de 100, ainſi l'eſpace *NO*, ſera parcouru par le coup de marteau en un moment compoſé de quatre inſtans égaux, mais avec des viteſſes inégales, comme de 1 à 2, de 2 à 3, de 3 à 4, &c. ou tels autres qu'on voudra qu'on a imaginé que parcourent les corps en tombant ſuivant differentes progreſſions telles qui conviendront le mieux au ſujet; & dont on n'eſt pas bien encore d'accord de la differente maniere parmi les Sçavans, quoiqu'on convienne des effets qu'on trouve toujours veritables, & deſquels on eſt aſſuré.

OBJECTIONS.

Digitized by Google

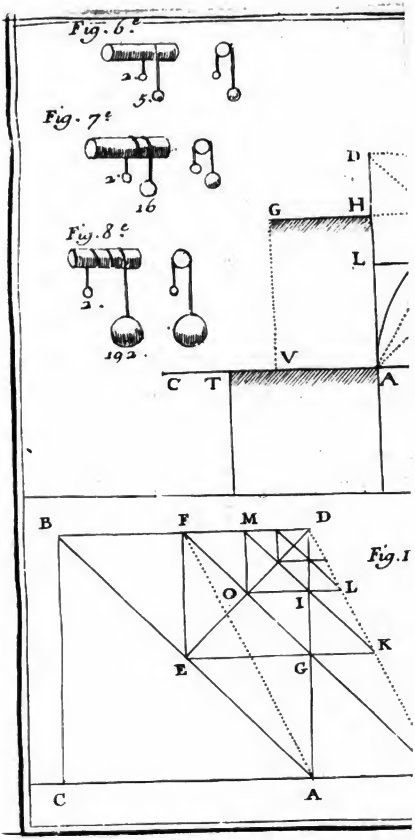


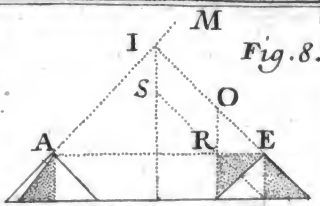
Fig. 6.
2.
5.
Fig. 7.
2.
16
Fig. 8.
2.
192.
D
G
H
L
V
C
T
A
B
F
M
D
Fig. 1
O
L
I
K
E
G
C
A

Digitized by Google

PL. II.

Fig. 6.e

Fig. 8.e



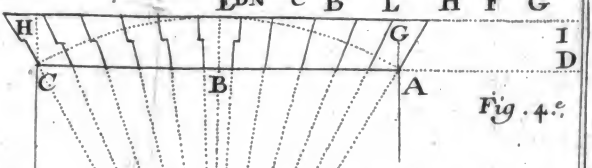
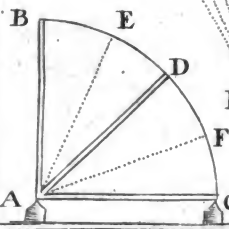


Fig. 4.e

Fig. 9.e



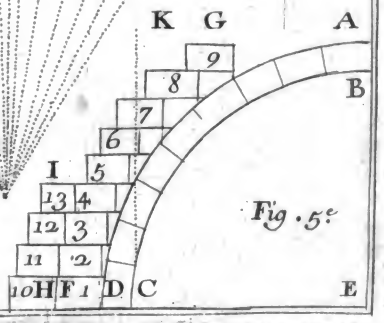


Fig. 5.e

Digitized by Google

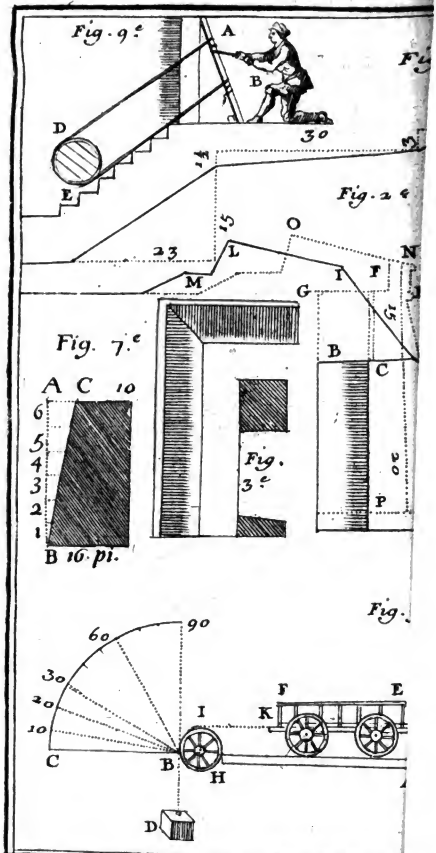
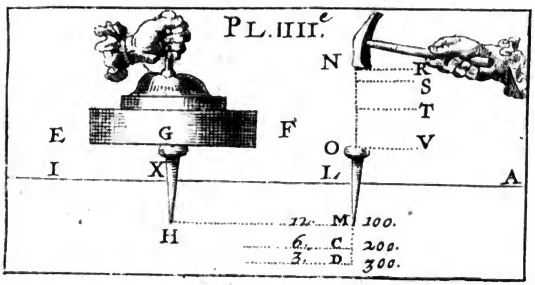


Fig. 9.e
A
B
D
E
30
14
Fig. 2.e
15
O
33
L
N
M
I
F
G
Fig. 7.e
B
C
A C 10
6
5
4
3
2
1
Fig. 3.e
P
B 16. pl.
Fig.
60
90
30
20
10
I
K
F
E
C
B
H
D

Digitized by Google


PL. IIII.
N
R
S
T
V
E
G
F
O
I
X
L
A
H
12. M 100.
6. C 200.
3. D 300.

Digitized by Google

OBJECTIONS.

De tres habiles Gens qui ont examiné cet Ouvrage, ont objecté deux choſes aux Démonſtrations que j'ay rapportées.

LA Premiere dans le Chapitre deuxiéme, *que les cordes des Arcs ſur leſquelles on fait la Démonſtration de la Pouſſée des voutes, peuvent bien n'avoir pas la même puiſſance que les Arcs mêmes, ainſi la Démonſtration n'eſtre pas juſte.*

La deuxiéme dans le Chapitre neuviéme, *c'eſt qu'on ne croit pas qu'on puiſſe comparer la percuſſion d'un pieu à la peſanteur de ſa charge, & que la premiere épreuve qu'on en aura faite, ſoit en raiſon reciproque de la deuxiéme, troiſiéme, &c. & de la Démonſtration qu'on en a faite.*

REPONSE A LA PREMIERE OBJECTION.

QUAND j'ay pretendu faire la Démonſtration de la puiſſance des voutes ſur leurs Pieds-droits, je n'ay pas voulu chercher de doubles difficultez en expliquant l'effort de l'Arc, dont les parties ſont incommenſurables. Je l'ay au contraire ſuppoſé comme une ligne droite pour en faciliter la Démonſtration, afin de la rendre aiſée à comprendre à tout le monde, pour en pouvoir juger plus aiſément.

La ligne courbe chez tous les Sçavans eſt regardée comme une choſe incommenſurable; & les Arcs peuvent eſtre eſtimez par conſequent de même. On doit cependant tabler ſur quelque choſe de préciſ en fait de Dé-

monſtration, & on a ſuppoſé ici que la puiſſance de la courbe eſtoit comparée à celle de ſa corde, qui en faiſoit le ſegment.

Examinons differemment les diſpoſitions des corps rangez en lignes courbes.

Si l'on prend un bâton parfaitement droit, & également gros partout & pliant, qu'on le recourbe par une corde qui l'arrêtera aux deux bouts *A*, & *E*, Figure premiere, Planche premiere, en ſorte qu'on luy faſſe tenir la Figure du quart de cercle *A O E*, c'eſt ſans difficulté que ce bâton ainſi recourbé fera effort ſans ceſſe pour ſe redreſſer, pour ſuivre la diſpoſition de la corde *A I E*, en partageant les efforts moitié vers *E*, & moitié vers *A*, & ſuivant les directions *I E*, *I A*, on peut donc dire que ſi ce bâton eſtoit employé pour former la moitié d'une voute, il agiroit ainſi ſuivant ſes reſſorts.

Si au contraire le même bâton *A I E*, eſtoit auſſi long pour en former un demi cercle *A E M*, retenu par une autre corde *A M*, qui forme ſon diametre, ce même bâton pouſſeroit ſans ceſſe d'un côté de *M*, en *R*, & de *A*, en *V*, ſuivant la direction de la corde *A M*, qui le tiendroit ainſi en raiſon, & comme forcé à faire ſans ceſſe effort pour éloigner & renverſer les Pieds-droits des points *A* & *M*, en les écartant les uns des autres.

Si enfin on formoit du pretendu bâton un cercle parfait, il n'y a pas de doute qu'eſtant retenu de toutes parts, il ne fiſt effort dans tous les points de ſa circonference, pour s'écarter de ſon centre, & pour ſe redreſſer. C'eſt ainſi qu'on doit le penſer raiſonnablement ce me ſemble.

Mais ſi à la place de ce bâton recourbé on forme l'Arche *A E M*, avec des pierres taillées en coin, qu'on appelle Vouſſoirs, leur arrangement agira tout autrement que la diſpoſition du bâton en queſtion. Car tous ces Vouſſoirs par leur peſanteur tendront à deſcendre ſur *A M*, à plomb; & s'ils ſont retenus ſuivant la Figure

du ceintre, ce n'eſt que par les differens Plans de leur coupe, qui font que ceux du deſſus ſont arrêtez par ceux du deſſous, en ſorte qu'on peut dire que les tas de charge à ces points, *A* & *M*, ſur les Pieds-droits, ſupportent toute la voute avec deux differentes puiſſances; ſçavoir, 1°, La Clef *E*, qui tend à deſcendre par ſon aplomb *F*, ne ſçauroit le faire qu'en écartant de part & d'autre les autres Vouſſoirs ou les contreclefs les plus proches vers *Q*, & vers *H*. 2°, Et enfin le tas de charge au point *A*, c'eſt de deſcendre ſuivant le même aplomb *DA*, en ſorte que ſi ſuivant ces deux efforts de la voute, l'un de la part de la Clef de *E* en *H*, & l'autre de celui du tas de charge en bas ſuivant *DA*, on cherche un effort moyen, ou une moyenne proportion, on trouvera que réuniſſant ces deux efforts ils tendront ſuivant *EA*, ſur laquelle tendance j'ay fait la Démonſtration de l'hypotheſe; & de l'autre côté ſuivant la même diſpoſition, on peut donc avancer que le diametre, ou la corde *AM*, tenant en raiſon toute la voute par la ſolidité, ou la force des Pieds-droits qu'on y oppoſe, en empêche la ruine, ou la chute, à peu prés comme l'entrait aſſure les Arbalêtriers qui tiennent en raiſon tout l'aſſemblage d'un comble.

J'eſtime donc qu'à quelque voute ſurbaiſſée que ce puiſſe eſtre, la corde tirée du milieu de la Clef à l'impoſte, à la naiſſance ou à l'endroit où commence le tas de charge, déterminera l'effort de quelque voute que ce puiſſe eſtre ſur les Pieds-droits qu'on y oppoſera.

Si aprés cela on peut ſuppoſer quelque choſe de mieux que ce que j'avance pour prouver ce que je propoſe, le Public ſera tres redevable à ceux qui en prendront la peine, afin de pouvoir mieux déterminer l'effort des voutes par de nouvelles & plus juſtes hypotheſes; & par conſequent je conclus ſuivant ces ſuppoſitions, que les cordes des Arcs dirigent la tendance de leurs efforts, & qu'un bâton recourbé en forme d'Arc, ne l'eſt qu'autant

Digitized by Google

que la corde qui le tient en raiſon l'y contraint. Car enfin ſi on le relâche peu à peu, il reprendra la figure droite de ſa corde, telle que la nature l'avoit ainſi diſpoſé auparavant, & la corde n'aura de tendance & d'effort que autant que l'Arc plus ou moins recourbé la forcera.

Il me paroiſt encore qu'il eſt trés aiſé de répondre à la deuxiéme Objection, ſi l'on m'accorde une fois que le premier coup de marteau qui frape un clou, & l'enfonce d'un pouce, comparé avec un poids qui fait enfoncer le même clou d'un pouce, ſont en raiſon reciproque de leurs effets; je ne vois pas qu'un ſecond coup de marteau égal au premier, le faiſant enfoncer plus avant dans le bois, un double poids valant les deux coups de marteau ne puiſſe faire enfoncer un ſemblable coup, autant que les deux coups de marteau en queſtion. On peut faire de ſemblables experiences pour le prouver, il n'y a rien qui y repugne; & tant qu'on ne ſera pas convaincu du contraire, j'aurai devers moy la raiſon & l'experience. Ainſi *G*, voyez Planche quatriéme, poids eſtant à *O*, premier coup de marteau, de même *X* à *L*, deuxiéme, troiſiéme & quatriéme coup de marteau ou de ſonnette ſur un pieu, & par conſequent les charges en raiſon reciproques des percuſſions, ce qu'il falloit démontrer. FIN.

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google